



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Edificación



# Universidad de Sevilla

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Grado en Edificación

---

*Departamento de Ingeniería Gráfica*

PROYECTO FIN DE GRADO

## RE-ESTUDIO CARTOMÉTRICO DEL PLANO DE OLAVIDE DE 1771

Tutores:

Prof. **AGUILAR-CAMACHO**, Joaquín

Prof. **GRANADO CASTRO**, Gabriel

Autor:

**RODRÍGUEZ JARILLA**, Francisco

*Grupo 12*

Curso Académico 2018/2019



## ÍNDICE

Resumen.....	2
Abstract.....	2
Palabras clave.....	2
1. Introducción.....	3
2. Estado de la cuestión.....	4
3. Justificación.....	17
3.1 Justificación académica.....	17
3.2 Justificación profesional.....	18
3.3 Justificación científica.....	18
4. Objetivos.....	19
5. Metodología.....	21
6. Análisis y resultados.....	50
7. Conclusiones.....	87
8. Bibliografía.....	91
9. Anexos.....	92

## **Resumen**

El objetivo del presente proyecto fin de grado es hacer un re-estudio cartométrico sobre el primer plano urbano que se conserva de la ciudad de Sevilla de 1771, mandado levantar por Pablo de Olavide.

Mediante una nueva metodología de estudio, mostraremos la exactitud planimétrica de dicho plano histórico, dando datos de su orientación y su escala.

Para conseguir estos resultados utilizaremos aplicaciones informáticas tales como MapAnalyst y programas de CAD.

## **Abstract**

The aim of the present project is to make a cathometric restudy on the first urban plane that is known of the city of Seville in 1771, ordered to be built by Pablo de Olavide.

By means of a new study methodology, we will show the planimetric accuracy of said historical plane, giving data of its orientation and its scale.

To achieve these results we will use computer software such as MapAnalyst and CAD programs.

## **Palabras claves.**

Sevilla, Plano de Olavide, MapAnalyst, exactitud planimétrica, estudio cartométrico, cartografía histórica.

## 1. Introducción.

El presente proyecto fin de Grado trata sobre el re-estudio cartométrico del primer plano que se conserva de la ciudad de Sevilla, el cual data de 1771.

Este plano es conocido como el “Plano de Olavide”, ya que fue Pablo de Olavide, asistente de la ciudad de Sevilla en aquella época, el que ordenó su levantamiento. Esta tarea la llevó a cabo Francisco Manuel Coelho quien se encargó de su delineación y posteriormente fue grabado por José Amat.

En referencia a las características del plano, este se encuentra dividido en cuatro hojas, las cuales se juntaron tras su impresión. Dichas hojas de dimensiones totales 86x107 cm, fueron grabadas en tinta negra sobre papel de dimensiones 93x130 cm, con un índice en los márgenes y orientado con rosa de los vientos.

Una vez vistas sus características generales y siguiendo con el análisis, cabe destacar que sobre este plano de 1771 consta un análisis previo: la tesis doctoral de Ignacio Algarín Vélez de 1998 (Algarín Vélez, 1998), que posteriormente la publicó en su libro en el año 2000 (Algarín Vélez, 2000), titulado: Método de transcripción y restitución planimétrica. Su aplicación al estudio del plano de Sevilla de 1771 mandado levantar por disposición del Sr. D. Pablo de Olavide, asistente de esta ciudad.

La metodología empleada por Ignacio Algarín en su análisis del plano es cada vez menos utilizada para este tipo de estudios y análisis. Como consecuencia, la principal finalidad de este re-estudio sobre el Plano de Olavide será la de comprobar, a partir de un nuevo enfoque metodológico, la exactitud posicional con la que fue levantado en 1771, así como su orientación y escala.

Este nuevo enfoque metodológico está basado en los principios de la regresión bidimensional, que es implantado en la aplicación MapAnalyst, la cual será de utilidad para este análisis. De este modo podremos comprobar los resultados obtenidos y cotejarlos con los ya existentes aportados por el estudio anteriormente mencionado. Además, con este nuevo análisis, es probable que se obtenga nueva información del plano de 1771, pudiendo también comprobar la fiabilidad de los nuevos resultados fruto de este nuevo enfoque.

Otro aspecto importante de este nuevo análisis es que se realizará de forma individualizada para cada hoja del plano, que es como se realizaron los primeros grabados, con el fin de obtener el menor número de errores posibles y de este modo acercarnos con la mayor veracidad posible a lo que en un principio se plasmó sobre el plano de la ciudad de Sevilla.



## 2.Estado de la cuestión.

### 2.1. Otros análisis de exactitud posicional en cartografía urbana.

#### A) Nacionales:

##### A.1) Los planos históricos de Madrid y su fiabilidad topográfica. (Ortega Vidal, 2000)

-Autor: Javier Ortega Vidal.

-Ciudad: Madrid

-Año de la realización del análisis: 2000

-Analiza 4 de los principales planos históricos de Madrid:

- Imagen de Mancelli-Wit. De entre 1622-1635, origen incierto.
- Plano de Teixeira. De 1656.
- Plano del conde de Aranda. De 1769, grabado por Antonio Espinosa de los Montes.
- Plano de los ingenieros. De 1848, editado por Francisco Coello.

-Procedimiento y método de análisis:

El autor propone una metodología para la determinación de la posición de los planos anteriormente enumerados, basada en dos estrategias.

La primera de ellas es una herramienta de análisis gráfico: la retícula o malla. Mientras que la segunda herramienta que utiliza es una evaluación analítica, mediante la determinación de distancias entre pares de puntos homólogos, asociándolo a una geometría triangular de gran escala.

Uniendo estas dos herramientas, la retícula y determinando las distancias sobre cada uno de los planos, se realiza el estudio a una misma escala comparativa, utilizando como ayuda una circunferencia testigo con centro en la Plaza Mayor de la ciudad de Madrid.

Así se podrá obtener una misma escala comparativa, en función de la propia escala gráfica de toda la planimetría objeto de estudio.

Los vértices y la trama de la malla usada por Ortega Vidal, representada sobre los documentos históricos de la ciudad de Madrid, ofrecía la primera aproximación sobre la fiabilidad de los planos mediante la deformación de dicha retícula.

Como segunda herramienta de comprobación, el autor realiza mediciones de distancias entre puntos homólogos invariantes entre los distintos planos históricos. De este modo el autor emplea 6 puntos principales de control de distancias, distribuidos de forma homogénea por todo el parcelario de la ciudad.

Uno de esos puntos lo situó en el centro de la ciudad, en la Plaza Mayor, desde el cual fueron irradiados los 5 puntos restantes. Uniendo dichos puntos con el punto central, se forman 5 triángulos adyacentes, que representan sobre el plano un pentágono irregular, y sobre el cual se pueden medir 10 distancias de control.

Este proceso es repetido por Ortega Vidal para cada uno de los documentos históricos. Como resultado aporta: una imagen donde se pueden ver la distribución de la retícula sobre cada plano, una imagen con los triángulos que configuran las distancias de control entre puntos homólogos y un cuadro resumen donde se muestra un resumen de los resultados dimensionales obtenidos en cada plano histórico.

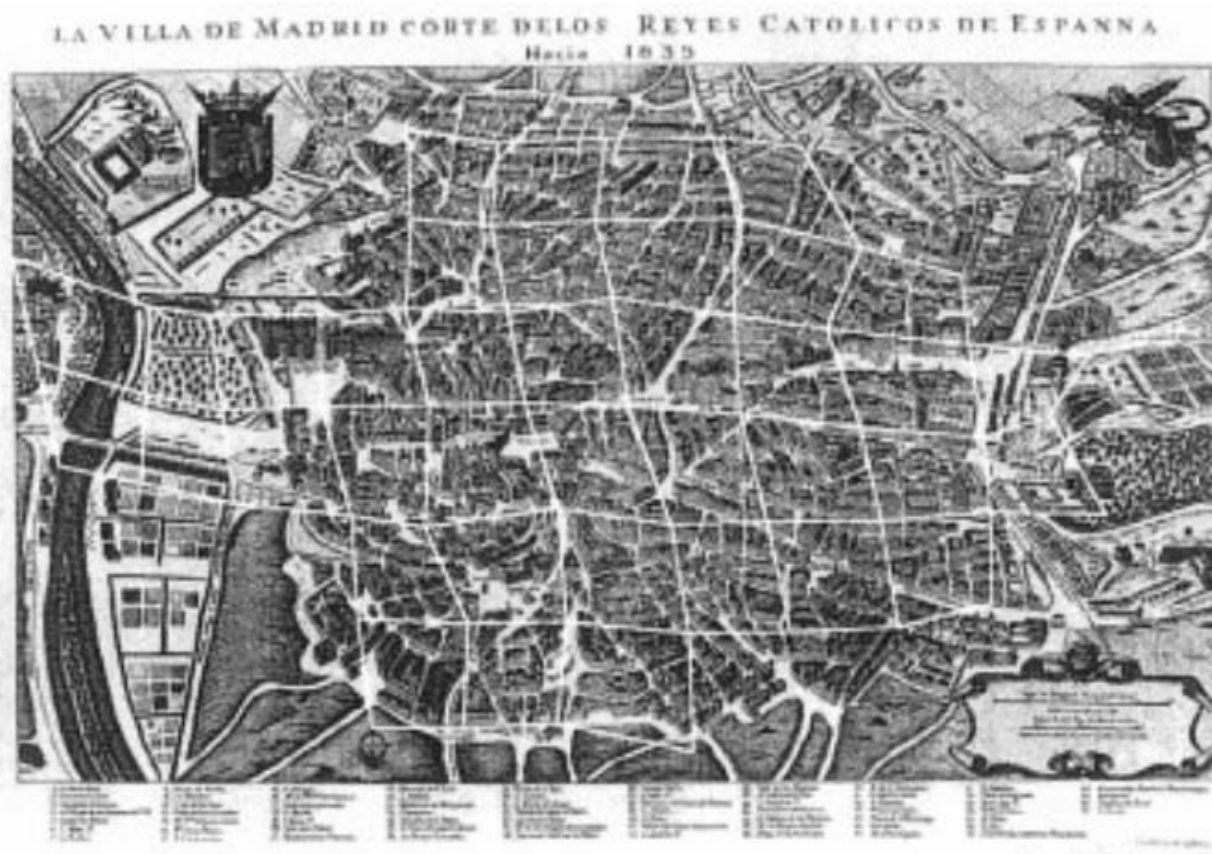


Fig. 1: Imagen de Mancelli-Wit. De entre 1622-1635. Distribución de la retícula. (Ortega Vidal, 2000, Los planos históricos de Madrid y su fiabilidad topográfica).



MEDIDAS EN VARAS CASTELLANAS. 1 VARA = 0,836 m. ESCALA DEL PLANO 1:20.000

Fig. 2: Imagen de Mancelli-Wit. De entre 1622-1635. Triángulos de distancias de control y cuadro resumen. (Ortega Vidal, 2000, Los planos históricos de Madrid y su fiabilidad topográfica).

A.2) Análisis geométrico de la maqueta de la ciudad de Cádiz (1779). (Granado, 2012)

-Autor: Gabriel Granado Castro

-Ciudad: Cádiz

-Año de la realización del análisis: 2012

-Título y fecha de los documentos analizados:

- Maqueta o bajorrelieve de la ciudad de Cádiz de 1779, fabricada por el ingeniero militar Alfonso Ximénez

-Procedimiento y método de análisis:

Gabriel Granado llevó a cabo su análisis de dicha maqueta mediante la captura masiva de puntos mediante un escáner láser 3D.

A continuación, comparó los datos obtenidos con tres plantas urbanas de la ciudad de Cádiz, de los años  $\approx 1738$ , 1772 y  $\approx 1785$  y con un plano reciente de 2006. Dicho análisis lo llevó a cabo en tres fases.

En la primera dispuso a determinar la escala a la que se encontraba la maqueta, procediendo con el método basado en la determinación de la distancia o coordenadas entre los puntos de control. Sobre la planimetría del modelo, tomando como zona menos deformada de la maqueta, según el autor, la Puerta de Tierra, tomó dos vértices en la fortificación. A su trama superpuso las cartografías de referencia, modificando las escalas para conseguir el ajuste más exacto posible con los dos puntos tomados de la fortificación. De este modo, el factor aplicado a cada planta indicaría la escala del modelo.

Para finalizar, comparó los valores obtenidos con las tres escalas que se barajaron al comienzo del proyecto. Siendo adoptada como escala original de fabricación la más cercana a los valores determinados, que dio como resultado 1:252 (equivalente a 7 varas por pulgada). Dicha escala fue comprobada en 7 edificios emblemáticos de la ciudad, con el objeto de confirmar la escala, la cual solo discrepó con uno de los edificios.

En esta fase, el autor también analizó la desviación del norte representado en cada plano histórico, con respecto al norte geográfico de la planimetría actual de la ciudad de Cádiz. Como resultado, obtuvo una desviación diferente para cada plano histórico con respecto a la maqueta.



En la segunda fase, utilizando el procedimiento de superposición visual de una serie de elementos lineales de la ciudad, verificó el grado de discrepancia geométrica existente entre el trazado de dichos elementos lineales en el modelo de la maqueta y sus homólogos representado en los distintos planos históricos de la ciudad. De este análisis cabe destacar la coincidencia general de los bordes del perímetro. Con respecto al trazado de los viarios representados en el modelo, llegó a la conclusión que la falta de coincidencia ya era previsible ante las conclusiones obtenidas para su perímetro, y como consecuencia concluye que el trazado de las vías es consecuencia del perímetro y no de la realidad de la trama urbana.

En su tercera fase, Granada analizó el interior de la trama urbana de la maqueta de la ciudad con el fin de determinar su exactitud, haciendo comprobaciones de la geometría de las parcelas de la trama urbana y comparándola con los tres planos históricos de Cádiz.

Este método empleado se basa en el denominado “coeficiente de similitud geométrica (CSG)”, resultado de la herramienta creada por el autor “Polyfit”, dicha herramienta funciona mediante el programa AutoCAD.

Este método lo empleó el autor con la planimetría del modelo de la maqueta y los tres planos históricos de referencia con una planta actual de la ciudad de Cádiz. Como conclusión, el autor determinó que se produce una mayor deformación en la planimetría del modelo de la maqueta que en las tres plantas urbanas que utiliza de referencia, lo que el autor atribuye a la restauración del parcelario que se realizó de la maqueta.



Fig. 3: Vista general de la Maqueta de Cádiz que se encuentra en el Museo de las Cortes. (Fotografía periódico digital Diario de Cádiz)

A.3) Método de transcripción y restitución planimétrica. Su aplicación al estudio del plano de Sevilla de 1771 mandado levantar por disposición del Sr. D. Pablo de Olavide, asistente de esta ciudad. (Algarín Vélez, 1998)

-Autor: Ignacio Algarín Vélez

-Ciudad: Sevilla

-Año de la realización del análisis: 1998

-Título y fecha de los documentos analizados:

- Primer plano científico conocido de la ciudad de Sevilla: Plano de Olavide, realizado por Francisco Coelho en 1771.

-Procedimiento y método de análisis:

Este análisis fue llevado a cabo por el autor en varias etapas.

En una primera etapa, el autor vectoriza el plano histórico y el actual de la ciudad de Sevilla y a continuación hace una simple comparativa entre ambos. El autor compara una serie de aspectos entre ambos planos: el trazado del borde amurallado, su perímetro, la superficie que delimita y el número de manzanas que se encuentran representadas en su interior; así como el número de torres representadas en cada tramo de la muralla.

Como resultados de esta primera fase, el autor concluye que el documento histórico es una representación histórica de la ciudad de la época, ya que se aprecian diferencias sustanciales entre ambos planos.

En una segunda etapa, Algarín Vélez llevó a cabo una serie de mediciones y comprobaciones para determinar la veracidad de la orientación y la escala del plano histórico.

Con respecto a la orientación, Algarín formuló dos hipótesis: la primera, considera que la rosa de los vientos representada en el plano de Olavide es meramente decorativa y que fue orientada a ojo sin uso de brújula; la segunda, parte de la teoría que las mediciones angulares fueron tomadas desde la Giralda y como consecuencia de las tormentas eléctricas, el núcleo de la torre habría alterado las mediciones y determinado la orientación del plano.

### Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

Atendiendo a la escala, el autor determina que, en lugar de utilizar la escala gráfica, deduce la escala tomando como referencia una serie de distancias, medidas entre puntos invariables y homólogos entre ambos planos. Mediante este procedimiento, concluye que para hacer el mejor ajuste entre ambos planos habría que escalar el plano histórico haciéndole una reducción del 15%, lo que le llevó a concluir que la escala gráfica representada en el plano pudiera contener alguna fuente de error.

En la tercera etapa de su análisis, se dispuso a realizar una superposición física de ambos planos, a la que denominó “superposición natural”, para la cual, utiliza una técnica de superposición por tanteo, sin aplicar ningún método de georreferenciación. Utilizó como punto común de superposición la Giralda, ajustó el plano histórico respecto a su escala y aplicó una rotación manual a la que denominó “longitud de tangencia de la muralla”. Como conclusión a este procedimiento, Algarín adelanta que las murallas fueron levantadas desde el exterior, ajustando posteriormente el trazado de las parcelas interiores a su perímetro, y que la Giralda fue el punto desde el cual se tomaron las mediciones angulares para el levantamiento del plano.

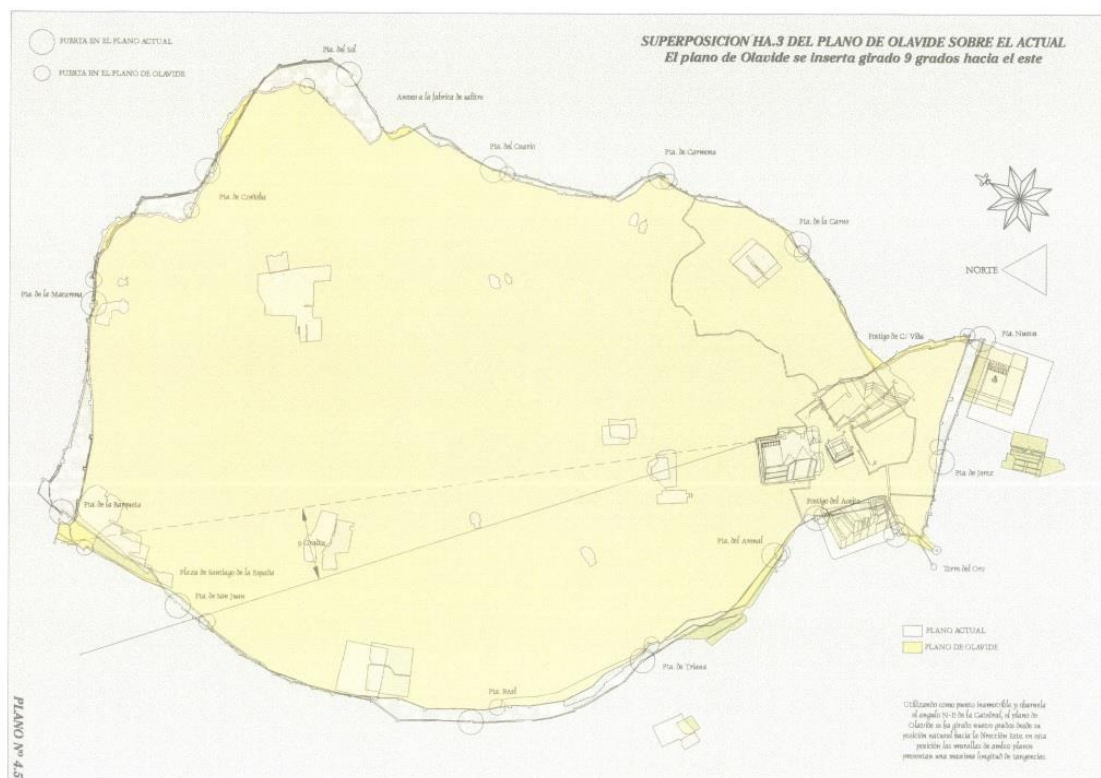


Fig. 4: Superposición de Plano histórico y actual. (Algarín Vélez, 1998).

En una cuarta etapa, el autor realizó una superposición entre ambos planos por zonas o barrios, llevando a cabo hasta un total de seis. Siguiendo para ello el mismo procedimiento que siguió para el plano completo. De esta forma, confirmó el escalado erróneo del plano histórico y las rotaciones interiores para un mejor ajuste del perímetro amurallado.

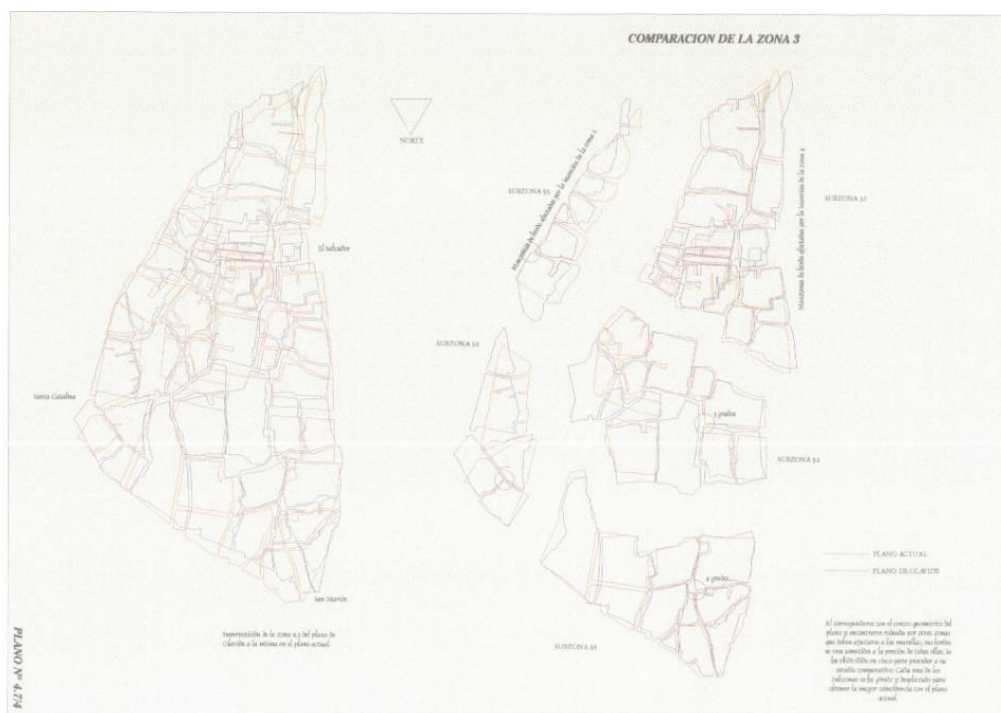


Fig. 5: Superposición de Plano histórico y actual de una zona de la ciudad. (Algarín Vélez, 1998).

En la quinta etapa, propone una metodología de análisis de las distorsiones presentes en el plano histórico, comparando varios parámetros geométricos (distancias, coordenadas y ángulos) entre la Giralda y varios puntos invariantes del perímetro amurallado, siendo estos puntos las 15 puertas de la ciudad, y otra serie de puntos del interior de la trama urbana (14 edificios). Como conclusión, determina que el plano histórico está reducido un 27,48% con respecto al plano actual a escala natural (Probablemente, se debe a una errata y Algarín quiso decir que el plano original estaba reducido 2748 veces respecto al plano de Sevilla a escala 1:1, lo que supondría que la escala del Plano de Olavide determinada por Algarín sería 1:2748),



y que el mayor grado de ajuste entre las murallas se obtenía girando el plano histórico en  $2,94^\circ$  en sentido horario.

Ya en una sexta etapa, Algarín Vélez se dispone a superponer sobre ambos documentos una malla de distorsión de 200 x 200m a fin de poder visualizar gráficamente los errores locales que se encuentran en el plano histórico. Dicha malla es orientada paralelamente a los bordes del plano actual y hace coincidir uno de sus vértices con la esquina noreste de la Catedral. Como resultado, se pueden ver los puntos con mayor distorsión en el plano histórico.

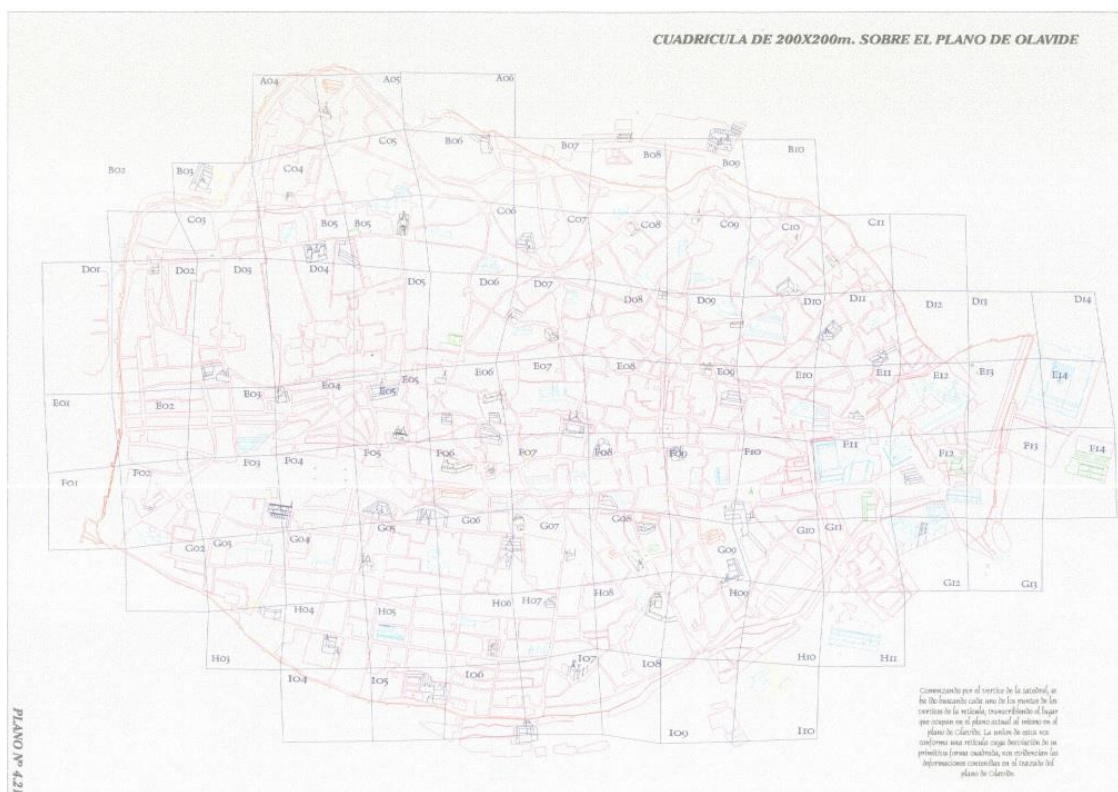


Fig. 6: Malla de distorsión sobre el Plano de Olavide. (Algarín Vélez, 1998).

Para finalizar, aplica al plano de 1771 la idea de realizar las transformaciones necesarias para eliminar las deformaciones de la malla y poder restituirla a la original. Recuperando así, la forma original del plano en 1771, llamando a esta forma original de la ciudad “Forma Urbis”. Procedió de este modo a realizar la transformación de la malla de distorsión en sentido inverso, llamando a este procedimiento “transcripción”.

Para poder realizar este procedimiento, Algarín se dispuso a dividir cada cuadrado de la malla de partida en cuadrados más pequeños de 20 x 20m. Realizó este procedimiento de transcripción un total de 90 veces, obteniendo así la restitución del plano de Olavide de 1771. Conviene aclarar que, en el proceso de restitución la identificación de los puntos homólogos se realizó de forma gráfica, aunque aproximada.



Fig. 7: Plano de Olavide restituido. (Algarín Vélez, 1998).

## B) Internacional:

La información que prosigue ha sido extraída de la tesis doctoral “Aproximación a la técnica cartográfica en la Ilustración, a través de las plantas urbanas de Cádiz”, (Joaquín Aguilar Camacho 2007, p. 116-138)

### B.1) A primeira planta cartográfica da cidade de São Paulo. (Pimentel Cintra, 2010)

-Autor: Pimentel Cintra

-Ciudad: São Paulo

-Año de la realización del análisis: 2010

-Título y fecha de los documentos analizados:

- Primer plano topográfico de la ciudad de Sao Paulo, obra del coronel Rufino José Filizardo e Costa, levantado entre 1807-1810.

-Procedimiento y método de análisis:

En primer lugar, el autor (Pimentel-Cintra 2010) realiza una pequeña descripción física del documento, en la que destaca sus dimensiones, composición, contenido, elementos representados, técnica de trazado, etc.

Seguidamente, calcula la escala del plano. Para ello, se dispone a tomar tres puntos de control bien definidos en el documento histórico y en un plano moderno de 1980 y midiendo la distancia entre dichos puntos. Dando como resultado una escala del plano histórico de 1:5000.

Por otra parte, para determinar la exactitud posicional del plano histórico, el autor utiliza un método relativamente sencillo, el cual consiste en la superposición georreferenciada de seis puntos de control invariantes en la trama urbana. Una vez superpuesto, mediante una tabla Excel, se dispuso a comparar los residuos entre las coordenadas (X e Y) de los puntos homólogos entre los dos planos. Con estos residuos, determinó la media aritmética y la desviación estándar, expresadas en metros.

Referente a la orientación, el autor determinó que el norte representado pretendía indicar la dirección del norte geográfico o verdadero.

Por último, Pimentel se dispuso a comprobar la exactitud de las coordenadas geográficas (latitud y longitud) que figuran en la escala del plano histórico, así como el meridiano de referencia utilizado para calcular dicha longitud.

B.2) Georeferencing o fan XVIII century technical map of Bologna (Italy). (Bitelli y Gatta, 2012)

-Autor: Bitelli y Gatta

-Ciudad: Bologna

-Año de la realización del análisis: 2012

-Título y fecha de los documentos analizados:

- Primer plano topográfico que representa íntegramente la ciudad de Bologna, levantado por los topógrafos Gregorio Monari y Antonio Laghi entre 1711-1712

-Procedimiento y método de análisis:

Este plano histórico está formado por 25 hojas, cada una de ellas a una escala aproximada 1:1080, según se deduce de la equivalencia de los valores de la escala gráfica representados en ellas.

El estudio llevado a cabo por Bitelli y Gatta (2012), tiene como finalidad comprobar la exactitud métrica del plano y su georreferenciación comparándolo con un documento actual.

Para llevar a cabo este estudio, se utilizó el Software MapAnalyst, con el cual se llega a los siguientes resultados:

- Escala promedio del plano 1:1090
- Ángulo de rotación  $-195^\circ$ , respecto al norte de la cuadrícula del plano actual.
- Un diagrama de isolíneas a escala.
- La visualización de los errores mediante una malla de distorsión de 100 x 100m

En total, fueron utilizados 183 puntos de control, dichos puntos fueron identificados como puntos invariantes y homólogos entre los dos planos.

En los resultados obtenidos, solo se apreció una ligera deformación del plano histórico.

Para la superposición georreferenciada con el plano actual de la ciudad, se utilizaron los mismos puntos de control y una aplicación GIS. De este modo se obtuvo un error promedio de ajuste (RMSE) de 4,1 m y un error máximo de 4,6 m.





**Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771**

Para finalizar con su análisis, el autor llevó a cabo una comprobación con otros documentos gráficos históricos de la ciudad: uno de 1702 y un plano catastral de 1835, obteniendo como peores resultados los de la comparación con el plano de 1702, mientras que los otros dos planos obtuvieron un error promedio muy parecido.



### 3. Justificación

#### 3.1 Justificación académica.

Para poder justificar académicamente la elección del tema sobre el que se desarrolla el siguiente PFG, nos remitiremos a hacer referencia al “Reglamento Proyecto Fin de Grado 2017-2018”.

A continuación, se enumeraran las competencias generales y específicas:

- **Nivel Básico**

- G13. Actitud social positiva frente a las innovaciones sociales y tecnológicas.

- **Nivel Medio**

- G24. Fomentar el emprendimiento, obteniendo nuevos conocimientos y capacidades que nos servirán en el futuro.

- **Nivel Avanzado**

- G01. Capacidad de organización y planificación.

- G02. Capacidad para la resolución de problemas.

- G03. Capacidad para tomar decisiones.

- G04. Aptitud para la comunicación oral y escrita de la lengua nativa.

- G05. Capacidad de análisis y síntesis.

- G06. Capacidad de gestión de la información.

- G07. Capacidad para trabajar en equipo.

- G08. Capacidad para el razonamiento crítico.

- G11. Capacidad de improvisación y adaptación para enfrentarse a nuevas situaciones.

- G14. Capacidad de razonamiento, discusión y exposición de ideas propias.

- G15. Capacidad de comunicación a través de la palabra y de la imagen.

- G16. Capacidad de búsqueda, análisis y selección de la información.

- G17. Capacidad para el aprendizaje autónomo.

- G18. Poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel, que si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.

- G19. Aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y resolución de problemas dentro de su área de estudio.

### 3.2 Justificación profesional.

Si nos referimos a las atribuciones y competencias propias de los arquitectos técnicos, nos basaremos en la Ley de Ordenación de la Edificación, el Decreto 265/1971, del 19 de febrero, por el que se establecen las facultades y competencias profesionales de los arquitectos técnicos, y en la Ley 12/1986 del 1 de abril, sobre regulación de las atribuciones profesionales de los Arquitectos e Ingenieros Técnicos.

### 3.3 Justificación científica.

La elección de trabajar sobre el plano histórico de Sevilla de 1771, llamado a levantar por el asistente de la ciudad el Sr. D. Pablo de Olavide y levantado y delineado por D. Francisco Manuel Coelho, reside en la oportunidad de arrojar nuevos datos y realizar un estudio más a fondo y con mayor detalle del primer plano científico realizado sobre la ciudad de Sevilla. Para ello nos apoyaremos en las nuevas tecnologías y una metodología diferente a la que se ha utilizado anteriormente por otros autores (Algarín-Vélez) sobre este plano.

Tenemos la oportunidad, por tanto, de realizar un nuevo estudio de dicho plano histórico, con el fin de complementar estudios anteriores, obtener datos nuevos y confrontar resultados obtenidos por otros autores, debido a la utilización de soluciones metodológicas de última generación, que nos aportarán información muy fidedigna sobre las deformaciones del plano.

Para ello nos apoyaremos en nuevas tecnologías, tales como programas de ordenador, como pueden ser programas de Cad, de topografía y de análisis de mapas. Esto, sumado a un enfoque y una metodología sistemática y contrastada, basadas en la regresión bidimensional como ya hemos hablado anteriormente, nos dará nuevos resultados con una elevada fiabilidad y así poder contrastar los resultados y conclusiones que se obtuvieron con otras técnicas y metodologías anteriores.

## 4. Objetivos

Podemos establecer como objetivo principal de este PFG: Comprobar la exactitud planimétrica del Plano de Olavide a partir de un plano actual de Sevilla. Además, con los nuevos resultados, esperamos llegar a nuevas conclusiones y matizar otros que ya se conocían. De este modo, podemos realizar una lista con nuestros objetivos:

- Escala promedio de cada una de las 4 hojas que conforman el Plano de Olavide.
- Verificación de la escala teórica a la que se encuentra el documento en su conjunto.
- Comprobación de la orientación del plano histórico.
- Obtención de las deformaciones globales y locales que presenta el documento en cada una de sus 4 hojas.

Para ello, llevaremos a cabo una metodología basada en el tratamiento del plano histórico con software informático.

Empezando por una labor de investigación, en la cual se ha buscado toda la información disponible sobre el “Plano de Olavide de 1771”, otros autores que han trabajado sobre este plano, y la documentación gráfica necesaria para su estudio.

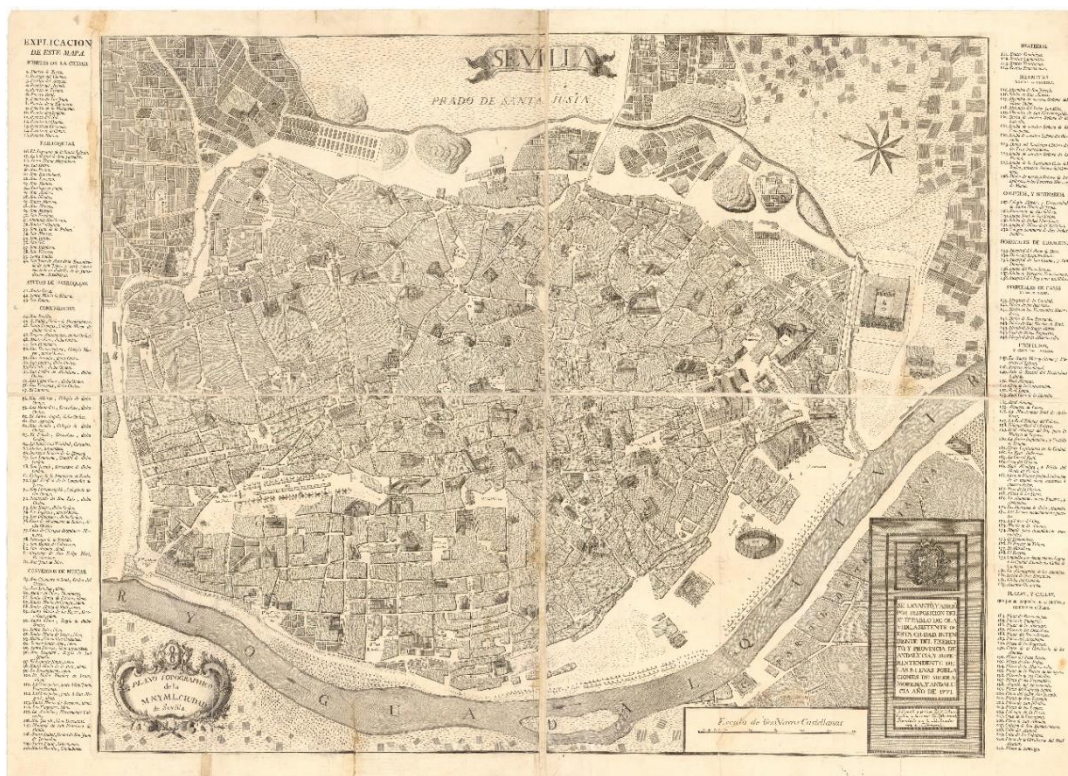


Fig. 8: Plano de la Ciudad de Sevilla 1771, Mandado a levantar por D. Pablo de Olavide. (Servicio geográfico del Ejército. Arm. G. Tabla 7ª. Carp. 2ª. 407)



La siguiente fase es la decisión de plantear una metodología de análisis para un plano dividido en 4 partes (cada una de esas partes corresponde con el grabado de las planchas originales utilizadas para su impresión).

Se plantea en un principio, el estudio como un único plano, pero la problemática de unir las 4 partes, debido al deterioro y la deformación existente del plano y con el fin de evitar errores a la hora de unir las diferentes partes, se llega a la conclusión de hacer el estudio de cada parte por separado, evitando así los errores propios que se pudieran cometer en la unión de dichas partes.

Una vez sabemos la metodología y la forma en la cual vamos a acometer el análisis del plano, determinaremos las herramientas de visualización que vamos a emplear para poder determinar la exactitud posicional del plano con respecto a la Sevilla actual, así como su escala y su orientación.

Las herramientas empleadas en este proceso serán:

- En un principio, Autocad, para la vectorización del plano.
- A continuación, para poder obtener una nube de puntos homólogos entre el plano histórico y el actual, se empleará Protopo.
- Y para finalizar el proceso y así poder visualizar la exactitud posicional del plano, su orientación y la escala del mismo, utilizaremos los datos obtenidos con Autocad y Protopo para, mediante el programa MapAnalyst, procesar dichos datos y a continuación nos dará los resultados finales que tendremos que interpretar.

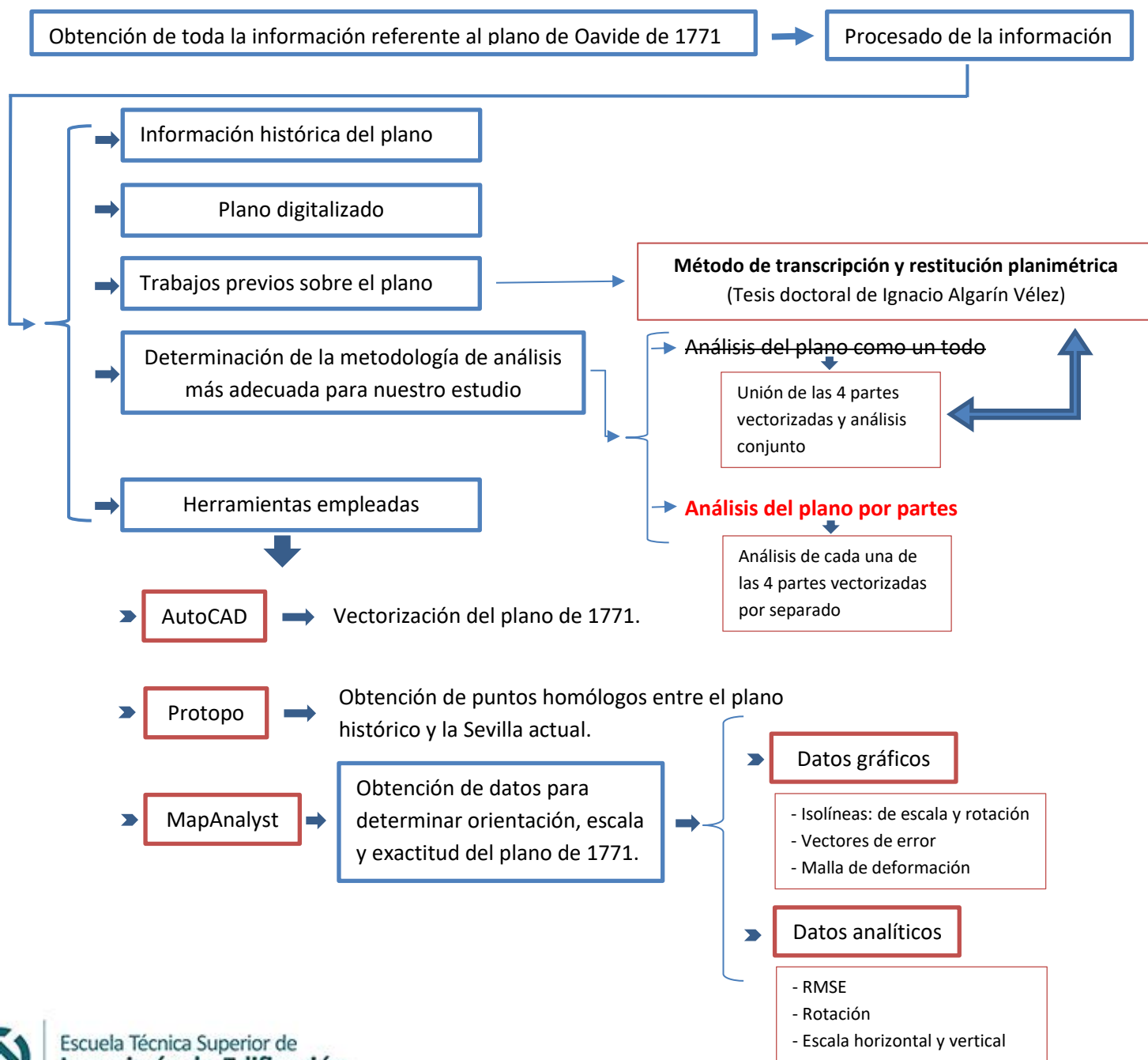
Con los datos obtenidos sacaremos nuestras conclusiones, pudiendo arrojar nueva información sobre el plano, o bien reforzar o completar conclusiones obtenidas por otros autores (en nuestro caso Algarín-Vélez).

## 5. Metodología

Antes de llegar a nuestro objetivo final, que es poder determinar la exactitud posicional del plano histórico, así como otros datos importantes como pueden ser la escala del mismo, o su orientación, hemos llevado a cabo una metodología de actuación para determinar cuál es el procedimiento más adecuado para analizar el plano.

Y bajo nuestro criterio, creemos que el proceso que se muestra a continuación es el que más se acerca a nuestro objetivo.

### 5.1. Esquema del proceso metodológico llevado a cabo:



### 5.1 Análisis como “un todo”.

En un principio, se empezó a acometer el análisis del plano histórico vectorizado en su conjunto, es decir, realizando la unión física de las cuatro partes vectorizadas que conforman el plano en su totalidad (una por cada plancha de cobre). (Fig. 9)

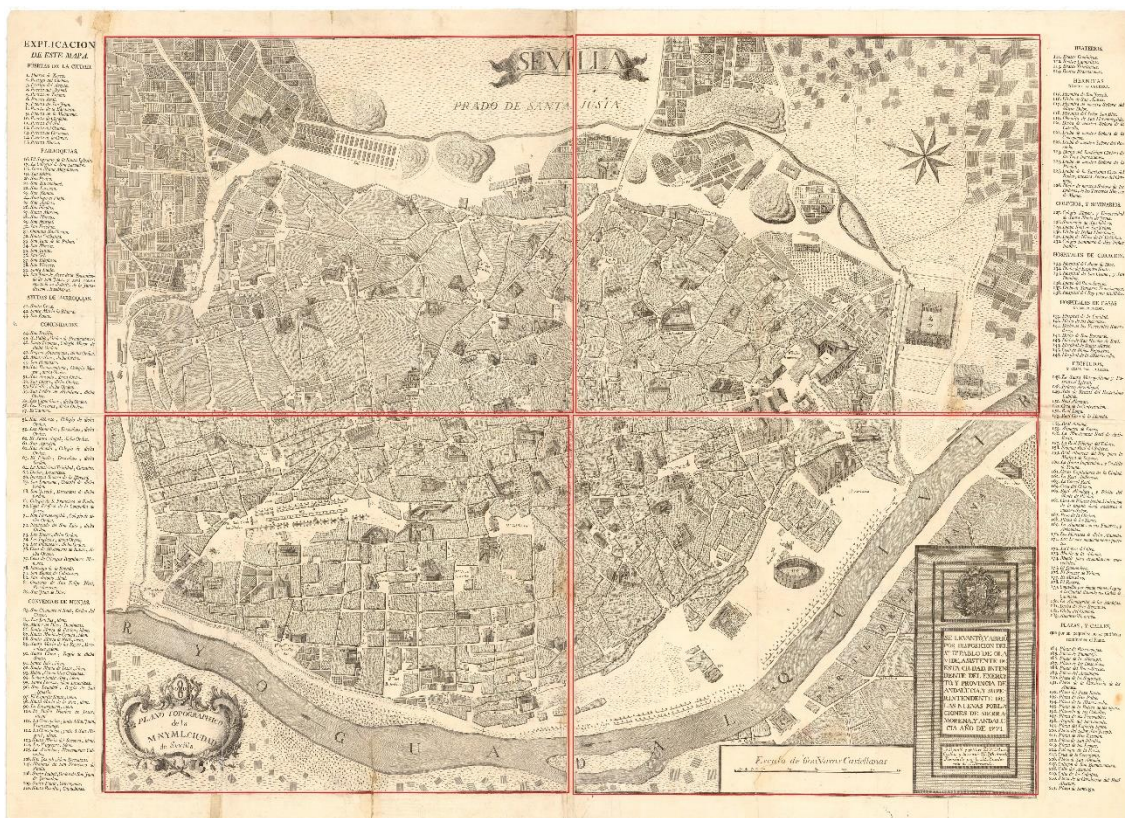


Fig. 9: Plano de la Ciudad de Sevilla 1771. Diferenciación de sus cuatro partes.

La copia digital de la que disponemos, está realizada a partir de la reproducción original en papel de las planchas del plano histórico, por este motivo, se aprecian a simple vista deformaciones en el papel (particularmente en sus bordes), debido a la propia impresión y también al paso del tiempo, que ha deteriorado el soporte visiblemente.

Esta deformación en los bordes ha sido determinante a la hora de desechar la opción de unir las cuatro partes en una sola.



El proceso que se llevó a cabo para la unión de las cuatro partes fue el siguiente:

1. Se procedió a la vectorización completa del plano. Utilizando el programa de ordenador AutoCAD, se fue vectorizando todas las parcelas, edificios singulares y todos los elementos que conforman el plano. Siguiendo como criterio a la hora de vectorizar, dibujar con entidades polilínea 2D por el centro de las líneas del contorno de cada parcela. (Fig. 10).

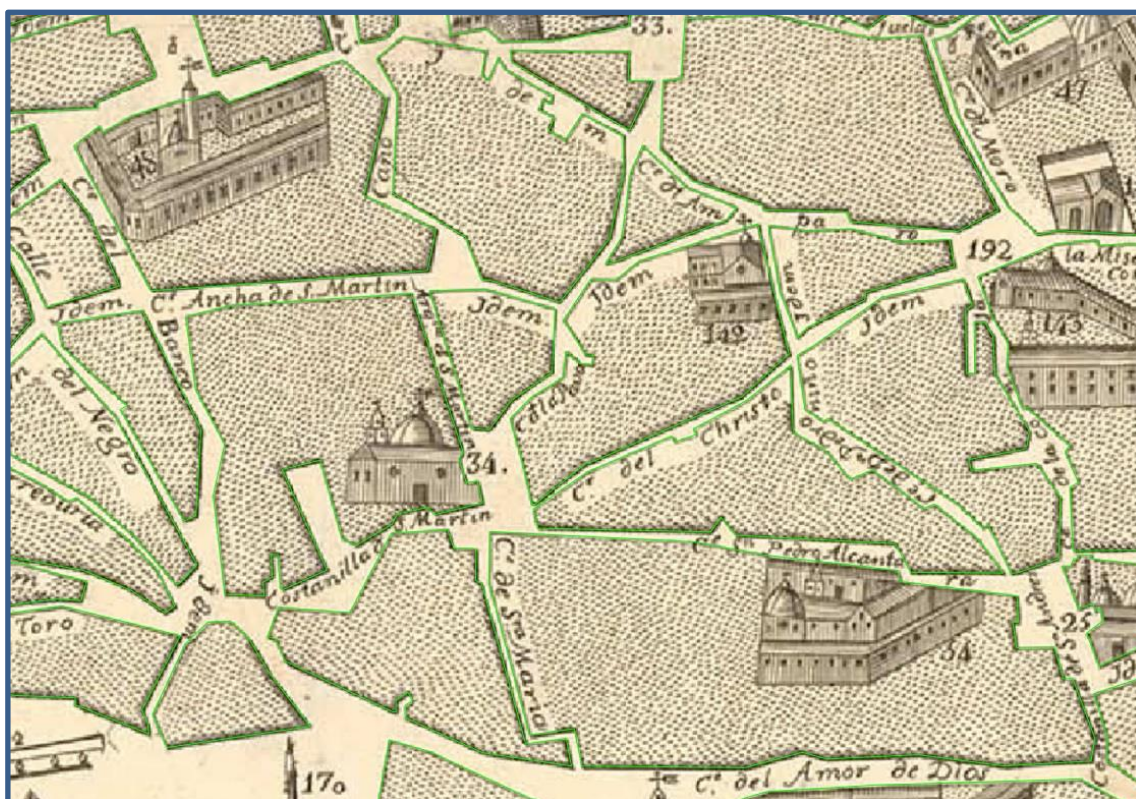


Fig. 10: Vectorización de parcelas. (Elaboración propia).



Como resultado, obtenemos la vectorización total del plano histórico, con unas claras discontinuidades entre los bordes de las diferentes partes. (Fig. 11).

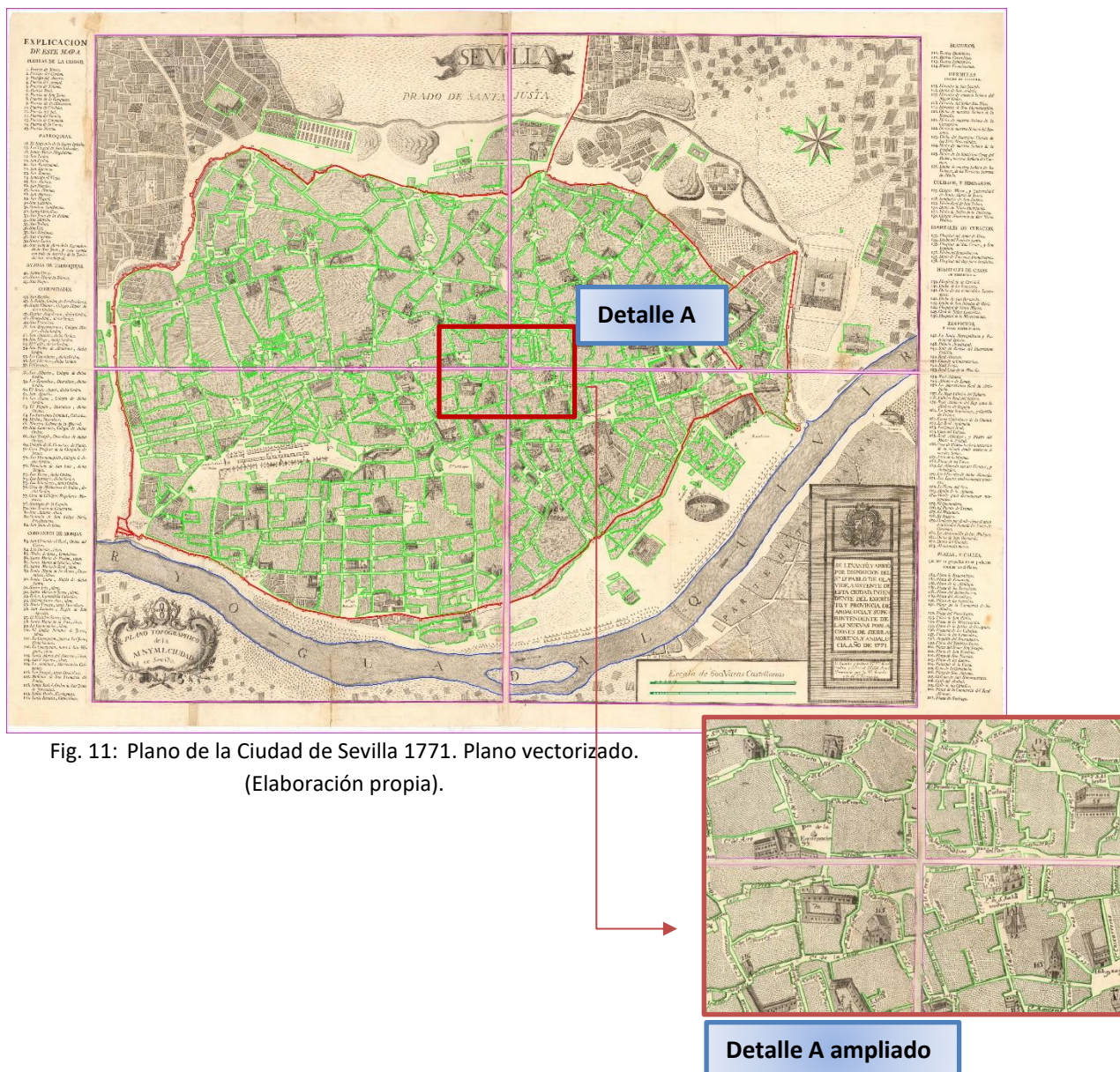


Fig. 11: Plano de la Ciudad de Sevilla 1771. Plano vectorizado.  
(Elaboración propia).

2. A continuación, utilizando como parte fija sobre la cual se irán uniendo las demás partes, se tomará el cuadrante superior izquierdo como inmóvil, y realizando la unión tomando un punto fijo y realizando un pequeño giro y ajuste de escalas, se van uniendo los diferentes cuadrantes al primero.

El resultado obtenido no es satisfactorio, debido a la deformación que presenta el plano, las parcelas no coinciden bien entre sí, no siendo admisible el poder continuar con nuestra investigación con los resultados obtenidos. (Fig. 12).



Para llegar a esta conclusión, observamos que Algarín Vélez utilizó para su análisis una reproducción en la que las 4 hojas se unieron en una sola. El autor, no detalla en ningún momento como llevó a cabo dicha unión, ni especifica como solucionó la falta de coincidencia entre los bordes de cada una de las cuatro hojas.

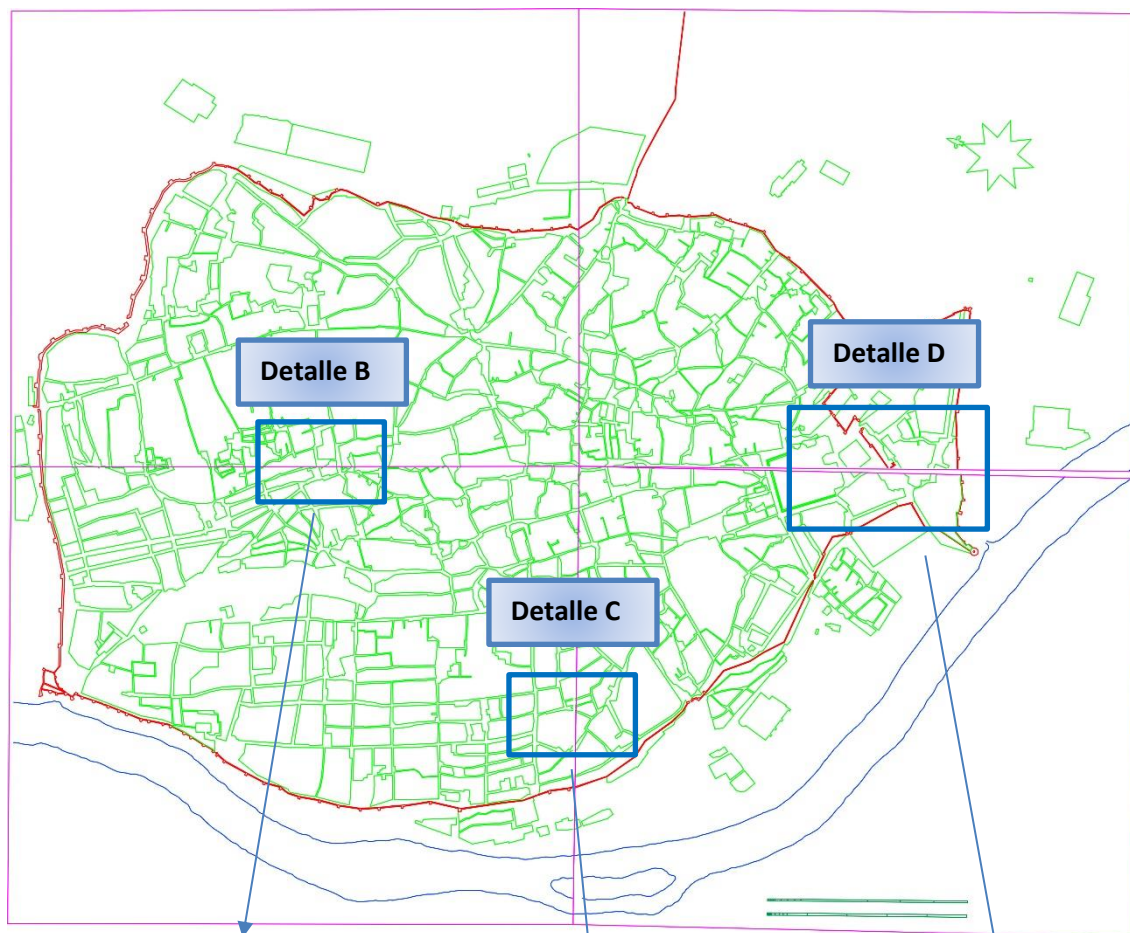


Fig. 12: Unión de las cuatro partes del plano vectorizado. (Elaboración propia).



Ampliación detalle B



Ampliación detalle C



Ampliación detalle D

Los tres detalles, B, C y D muestran una clara discontinuidad entre el parcelario y los bordes de las hojas.

3. En el apartado anterior, se realiza una unión entre las cuatro hojas, la cual es más sencilla de realizar y no supone ningún tipo de deformación en el proceso. No obstante, los resultados obtenidos no fueron satisfactorios, por lo que se procedió a hacer la unión mediante una aproximación manual.

Para unir las parcelas entre sí, en unos casos alargamos algún tramo de alguna parcela, en otros, se desplazaron para hacerlos coincidir y en otros se recortó si algún tramo se sobreponía sobre otro.

Como resultado, no se encuentra ninguna discontinuidad entre parcelas. Y aunque las uniones se hacen con cuidado y no influyen en ningún punto singular para nuestro estudio dentro del plano, este método introducía una deformación inexistente anteriormente debido al factor humano, distorsionando la realidad del plano histórico y, por lo tanto, optamos por descartar de inmediato para seguir con nuestro análisis. (Fig. 13).



Fig. 13: Unión de las cuatro partes del plano manualmente. (Elaboración propia).



4. Finalmente, tomamos la decisión de realizar el estudio de este plano histórico en sus cuatro partes independientes (una por cada plancha de cobre utilizada para su estampación). De esta forma, el sesgo introducido en el análisis que se pueda cometer será el mínimo posible y siempre intentando que, esos errores que podamos cometer al tratar el plano, no dependan tanto del factor humano. Aunque este análisis se haga de cada parte por separado, los resultados obtenidos de cada una de las partes, los analizaremos en su conjunto para poder llegar a unas conclusiones comunes entre sí, teniendo una visión general de este plano histórico. (Fig. 14).

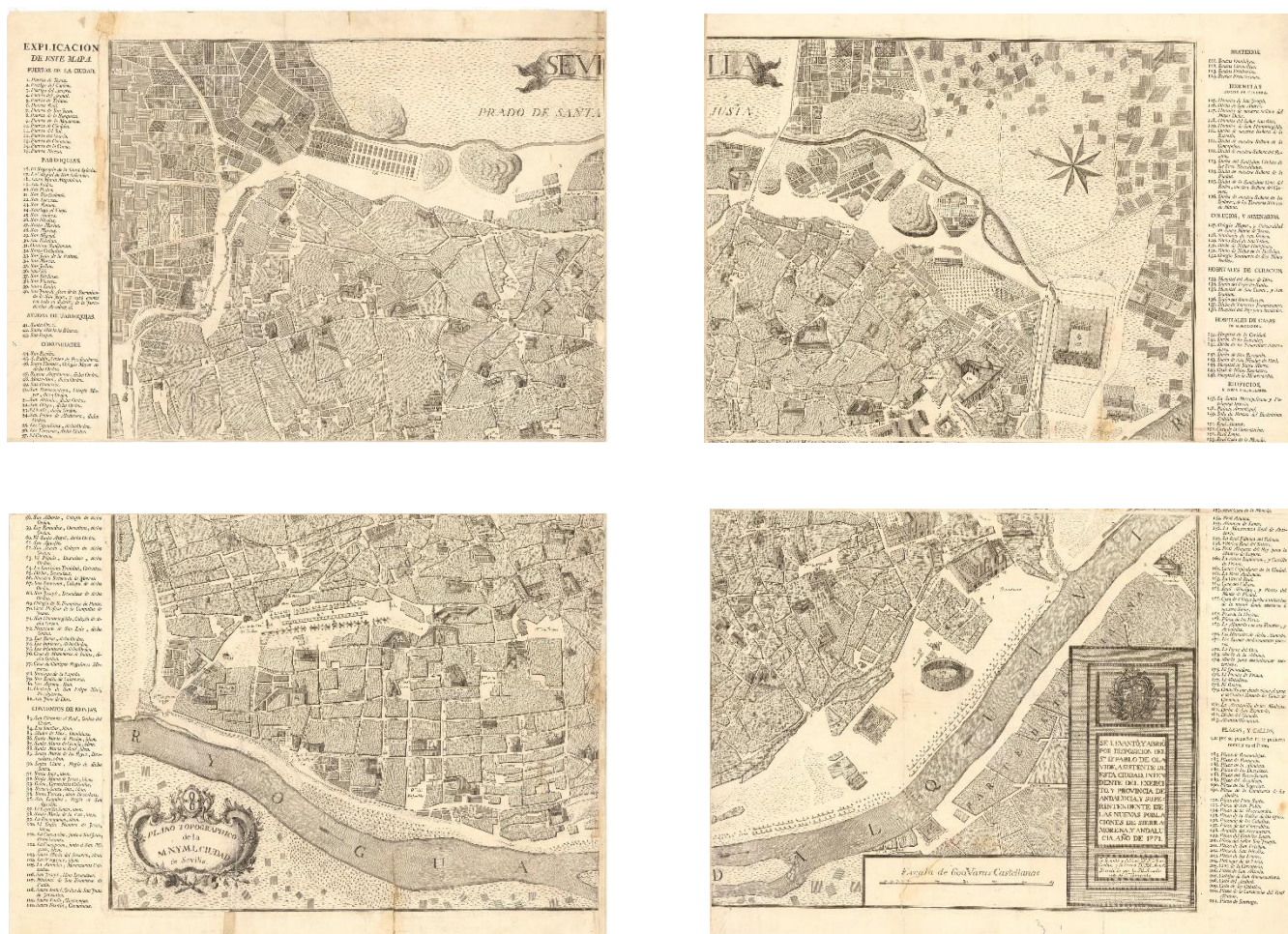


Fig. 14: Plano de la Ciudad de Sevilla 1771. División de las cuatro partes diferenciadas.



## 5.2 Análisis “por partes”.

Una vez que tenemos ya claro cuál es el mejor enfoque para acometer nuestro análisis, estudiando cada una de las cuatro partes que conforman el plano histórico por separado, vamos a utilizar una metodología de análisis adaptada a nuestro proyecto.

### 5.2.1 Herramientas de análisis:

Se emplearán los siguientes programas de Software:

- Photoshop: Se empleará para cambiar la resolución y escalar el tamaño del plano histórico, reduciéndola para que los demás software soporten el archivo y puedan trabajar mejor.
- AutoCAD: Con el cual se realizará toda la vectorización y cualquier tratamiento que precisen tanto el plano histórico como el actual de la ciudad de Sevilla.
- Protopo: Este software utiliza como base AutoCAD, con él realizaremos la inserción de puntos homólogos entre el plano histórico y el actual, y de ahí poder obtener una nube de puntos sobre la que poder trabajar (metodología aplicada por Aguilar Camacho, 2017)
- MapAnalyst: Una vez tengamos ya todos los datos procesados con los anteriores programas de ordenador, se procederá a introducirlos en este software, el cual los analizará y nos dará ya unos resultados definitivos sobre los cuales haremos nuestras conclusiones sobre la exactitud geométrica y posicional del plano histórico de Olavide con el plano actual de Sevilla.

### 5.2.2 Metodología de análisis adoptada.

El método de análisis empleado para la realización del presente proyecto, ha sido muy meticuloso y ha seguido unas pautas bien definidas y un orden específico, para conseguir la mayor rigurosidad en los datos obtenidos.

En un principio se buscó la mejor copia digital existente sobre el Plano de la ciudad de Sevilla de 1771, consiguiendo una copia directamente de los archivos del Centro Geográfico del Ejército Español. Esta copia, es la digitalización con mayor resolución que se puede encontrar, sobre la cual es mucho más fácil trabajar, con la consiguiente de tener un menor número de errores en su tratamiento.

## Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

Partiendo de esta digitalización del plano histórico, procedimos a la vectorización del mismo.

Una vez diferenciados todos los elementos del plano, se procedió a la identificación de puntos homólogos invariantes entre el plano histórico y el plano actual de la ciudad de Sevilla (Fig.15). Con la obtención de esta nube de puntos homólogos, junto con las digitalizaciones de los dos planos a comparar, se procedió a introducir todos estos datos en el software *MapAnalyst*, el cual los procesará y nos dará una serie de resultados sobre los cuales se pueden sacar nuestras conclusiones.

Plano Sevilla actual.

Plano Sevilla 1771.

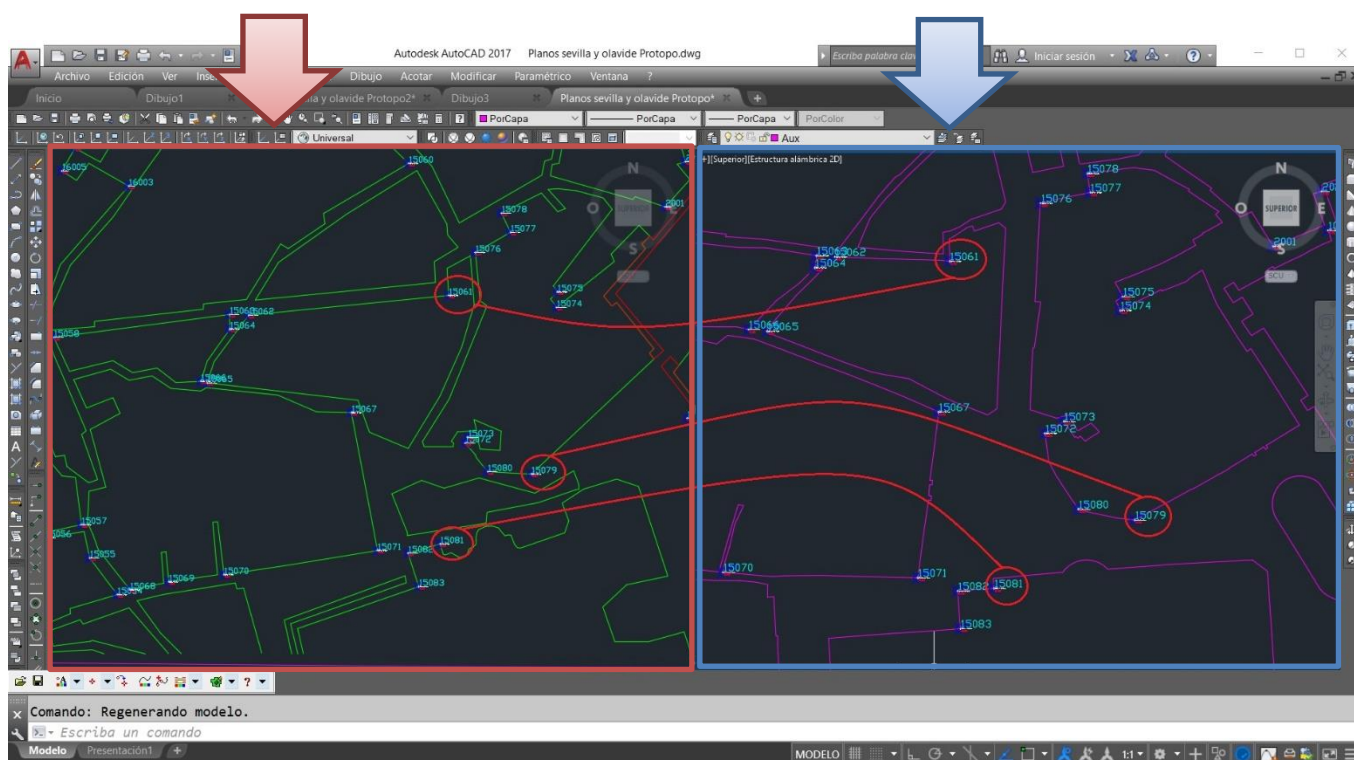


Fig. 15: Identificación de puntos homólogos entre el plano histórico y el plano actual de la ciudad de Sevilla. En rojo, par de puntos homólogos entre vectorización del plano histórico (derecha) y un plano reciente de la ciudad de Sevilla en formato vertical (izquierda). (Elaboración propia).

Este proceso de trabajo se realiza cuatro veces, una para cada parte del plano. Una vez obtenidos los cuatro resultados en *MapAnalyst*, tendremos una visión global del plano y sacaremos nuestras conclusiones a raíz de dichos resultados.

### 5.2.3. Descripción del proceso.

Una vez que hemos hablado de la metodología que vamos a seguir a la hora de analizar nuestro plano de estudio, vamos a hacer una descripción más minuciosa del proceso seguido.

- En primer lugar, para tener una buena base sobre la que comenzar nuestro análisis, se procedió a la vectorización del plano con *AutoCAD*. Como criterio a la hora de vectorizar cada parcela, cada polilínea 2D insertada pasa justo por la mitad de cada trazo de tinta, con el fin de producir la menor distorsión posible en la geometría de las parcelas. (Fig. 16).

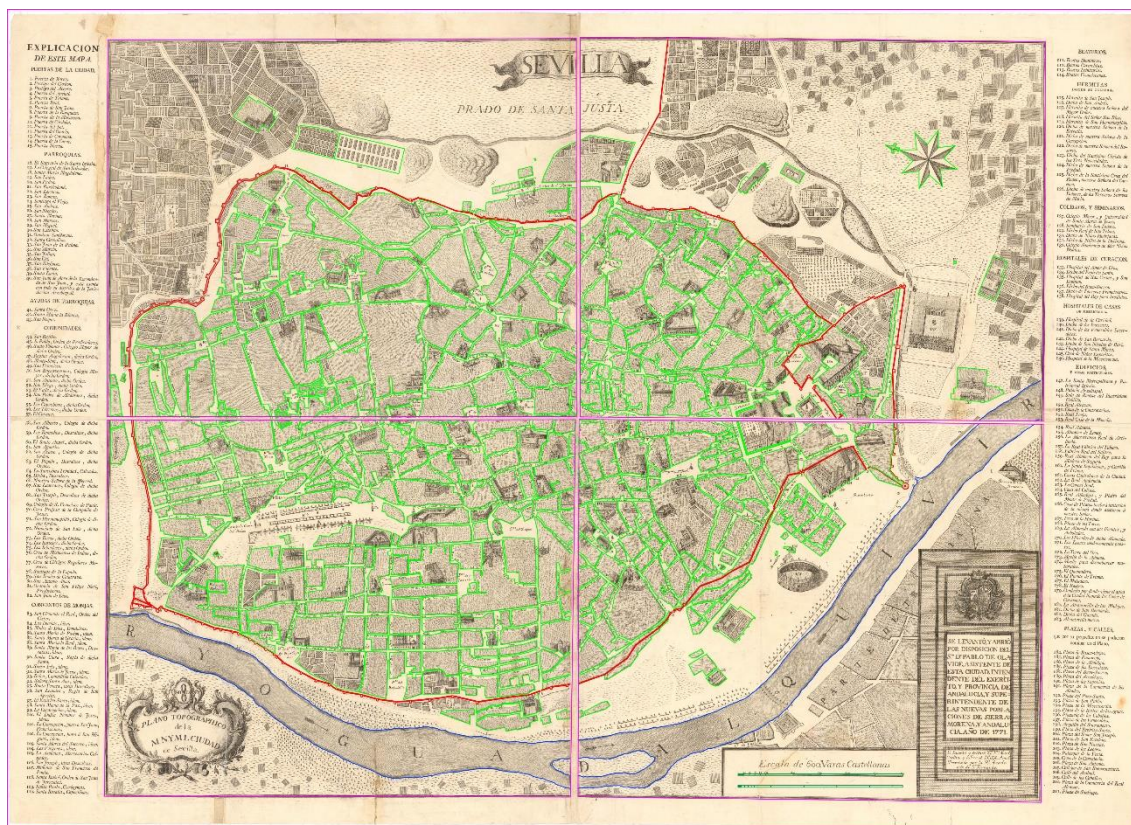


Fig. 16: Plano de la Ciudad de Sevilla 1771. Vectorización AutoCAD.



## Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

- En segundo lugar, procederemos con la ayuda del software Protopo V.6.1. a la inserción de puntos homólogos entre el plano histórico y el plano actual de la ciudad de Sevilla. Para ello, escogeremos puntos singulares del entramado de la ciudad que hayan permanecido invariables desde el trazado del plano histórico hasta la actualidad.

Plano Sevilla actual.

Plano Sevilla 1771.

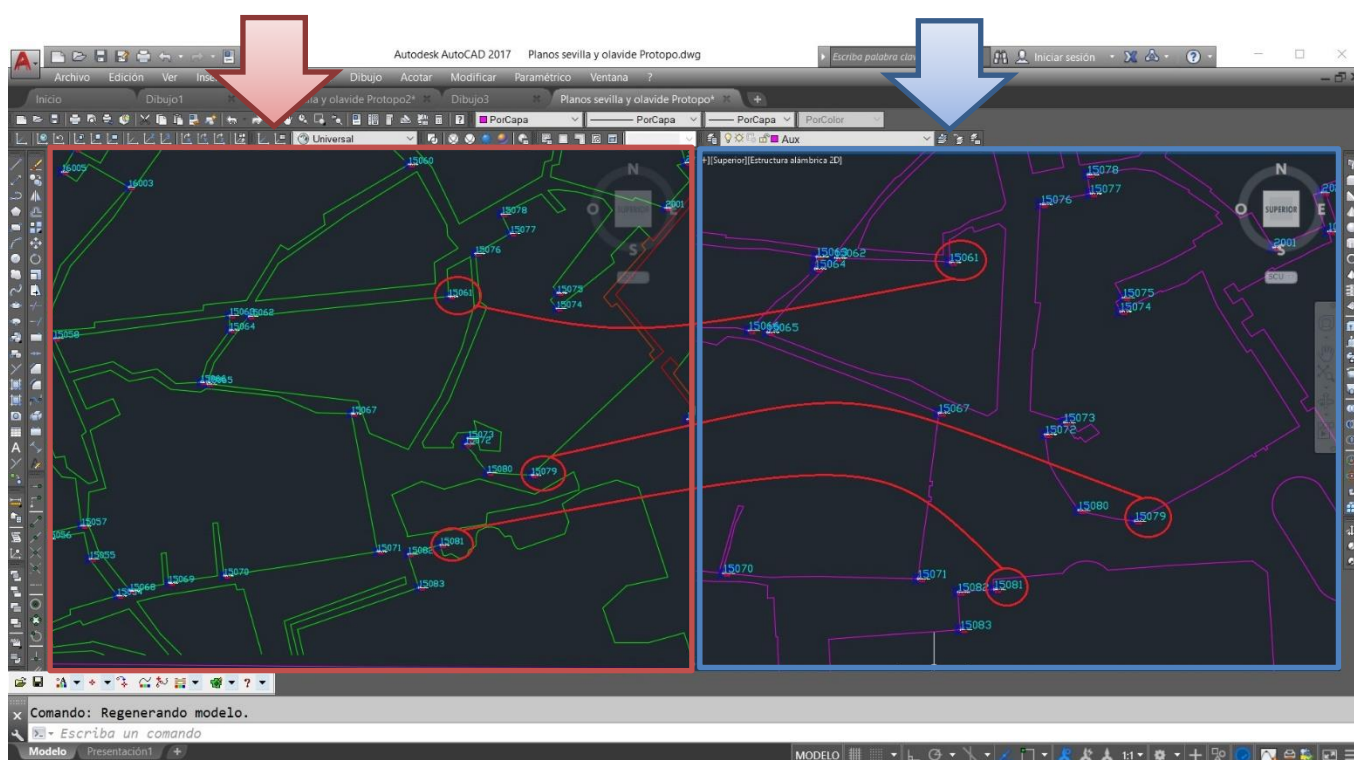


Fig. 17: Identificación de puntos homólogos entre el plano histórico y el plano actual de la ciudad de Sevilla. (Elaboración propia).

### 5.2.3.1. Método para la inserción de puntos:

Seguiremos el método empleado anteriormente por (Aguilar-Camacho 2017), el cual, mediante el programa de topografía *Protopo*, procederemos a la elección de esos puntos (en este caso con *Protopo* los llamaremos *PPuntos*) homólogos entre el plano histórico y el actual que hayan permanecido invariables en el tiempo (Fig.17).

Para seguir un orden a la hora de nombrar estas entidades *PPuntos*, se tomó como criterio los barrios que conformaban el casco histórico de la ciudad de la época. (Fig. 18).

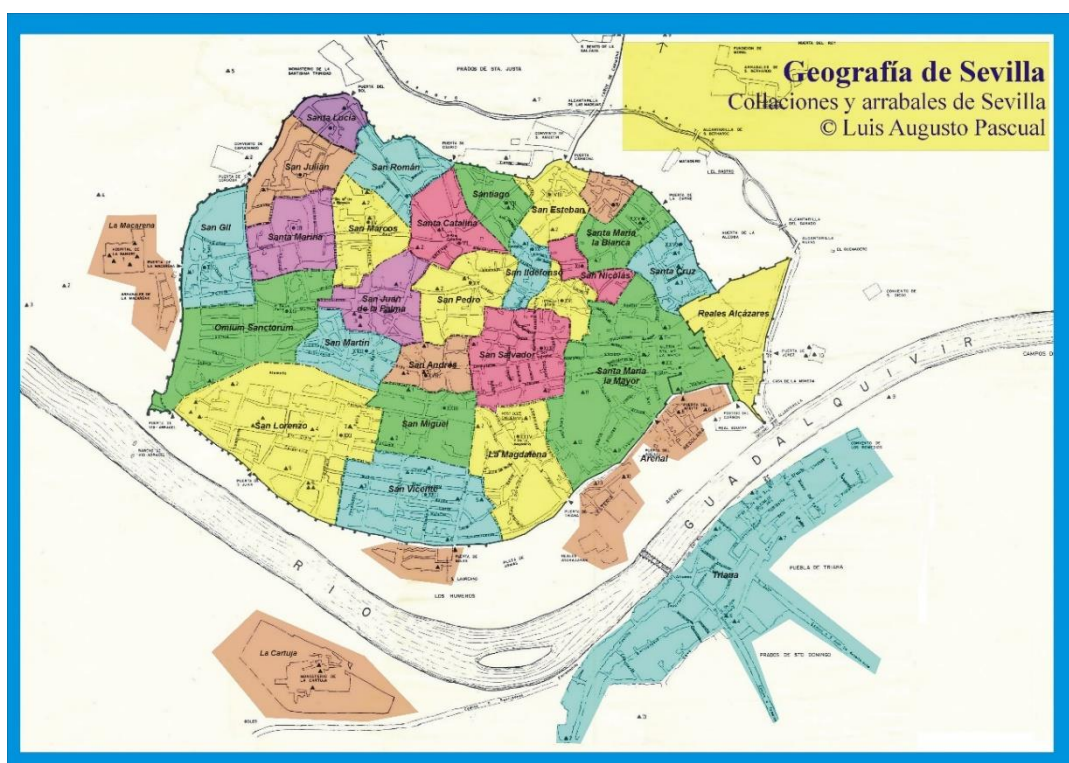


Fig. 18: Geografía de Sevilla. La Sevilla Castellana. Barrios. (Collaciones y arrabales de Sevilla, Luis Augusto Pascual)

Listado de los barrios:

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Reales Alcázares.      | 14. La Magdalena.         |
| 2. Santa Cruz.            | 15. Santa María la Mayor. |
| 3. Santa María la Blanca. | 16. San Nicolás.          |
| 4. San Esteban.           | 17. San Idelfonso.        |
| 5. San Santiago.          | 18. San Pedro.            |
| 6. Santa Catalina.        | 19. San Salvador.         |
| 7. San Román.             | 20. San Andrés.           |
| 8. Santa Lucía.           | 21. San Martín.           |
| 9. San Julián.            | 22. San Juan de la Palma. |
| 10. San Gil.              | 23. San Miguel.           |
| 11. Ómnium Sanctorum.     | 24. San Marco.            |
| 12. San Lorenzo.          | 25. Santa Marina.         |
| 13. San Vicente.          | 26. Arenal                |

Una vez que ya hemos insertado todas las entidades PPuntos en ambos planos (Fig. 19), se procede a la extracción de las nubes de puntos en formato *.txt*, tanto del plano actual, como del plano histórico, obtendremos una nube de puntos por cada una de las cuatro partes del plano y otra más de la Sevilla actual. (Fig. 20-24)

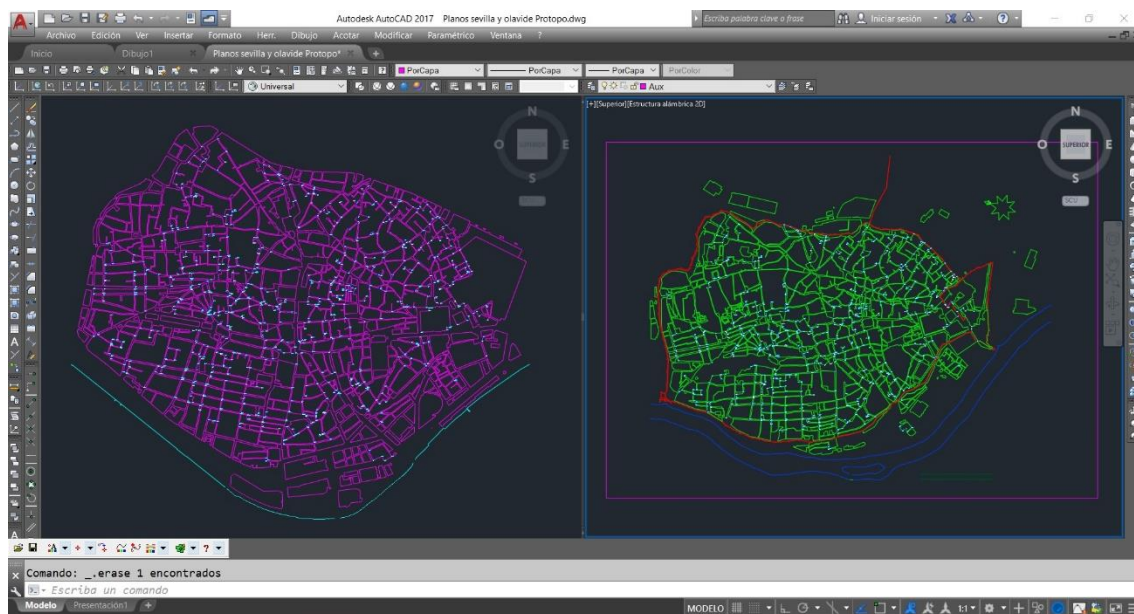


Fig. 19: Inserción de PPuntos Homólogos entre los dos planos de Sevilla (a la izquierda el plano actual, a la derecha el plano histórico). (Elaboración propia).



## Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

Extracción de nube de puntos del plano de Sevilla actual y plano Sevilla histórico de cada una de sus cuatro partes.

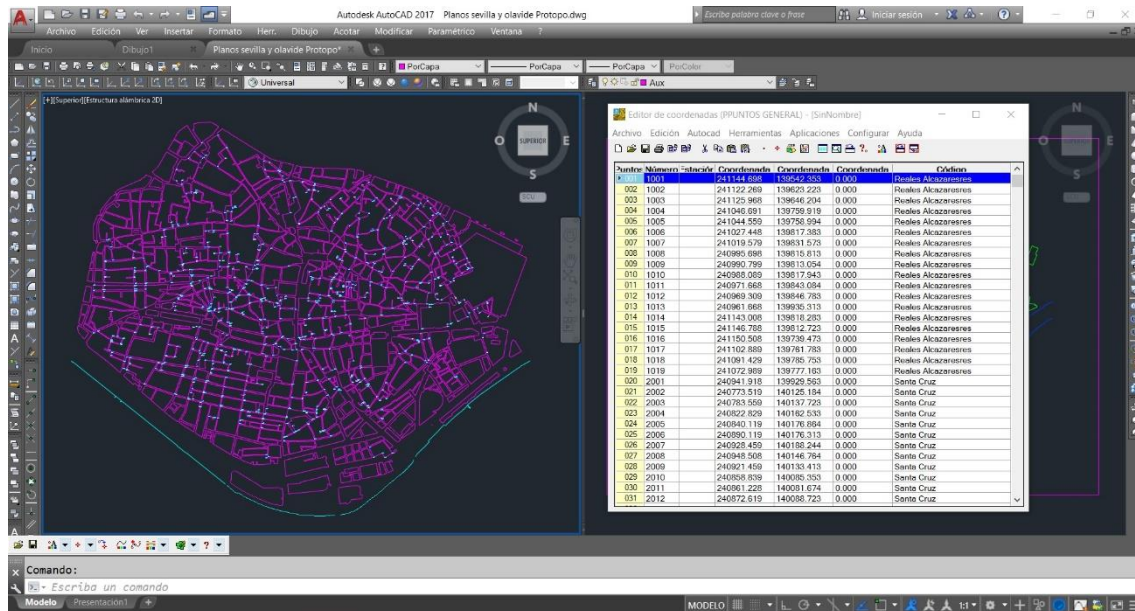


Fig. 20: Nube de puntos del plano actual de Sevilla. (Elaboración propia).

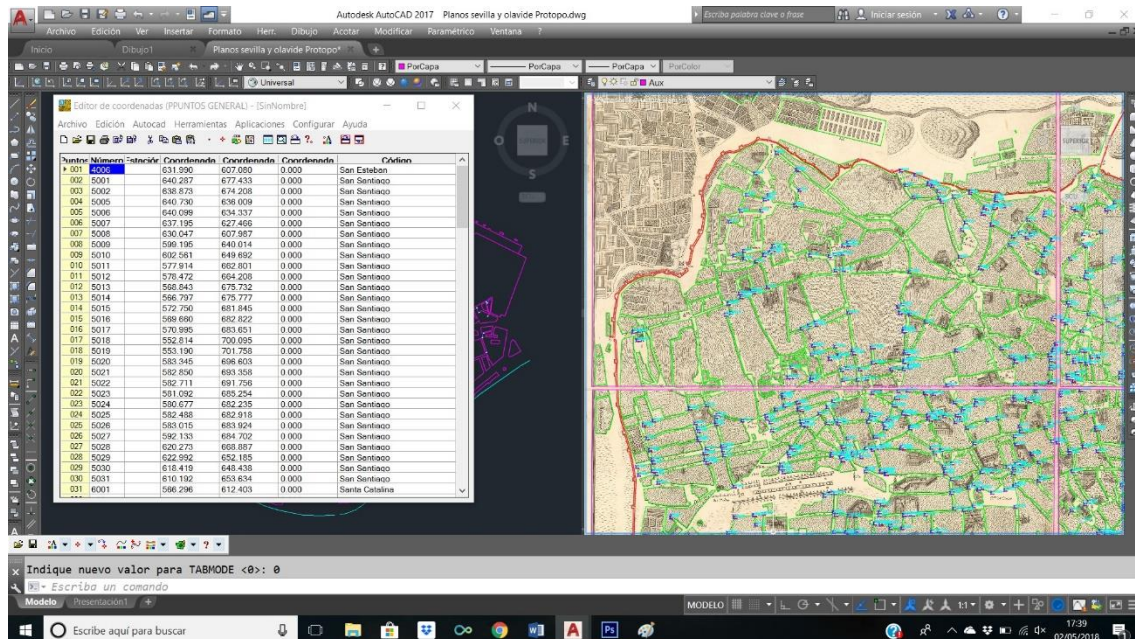


Fig. 21: Nube de puntos del cuadrante superior izquierdo del plano histórico. (Elaboración propia).



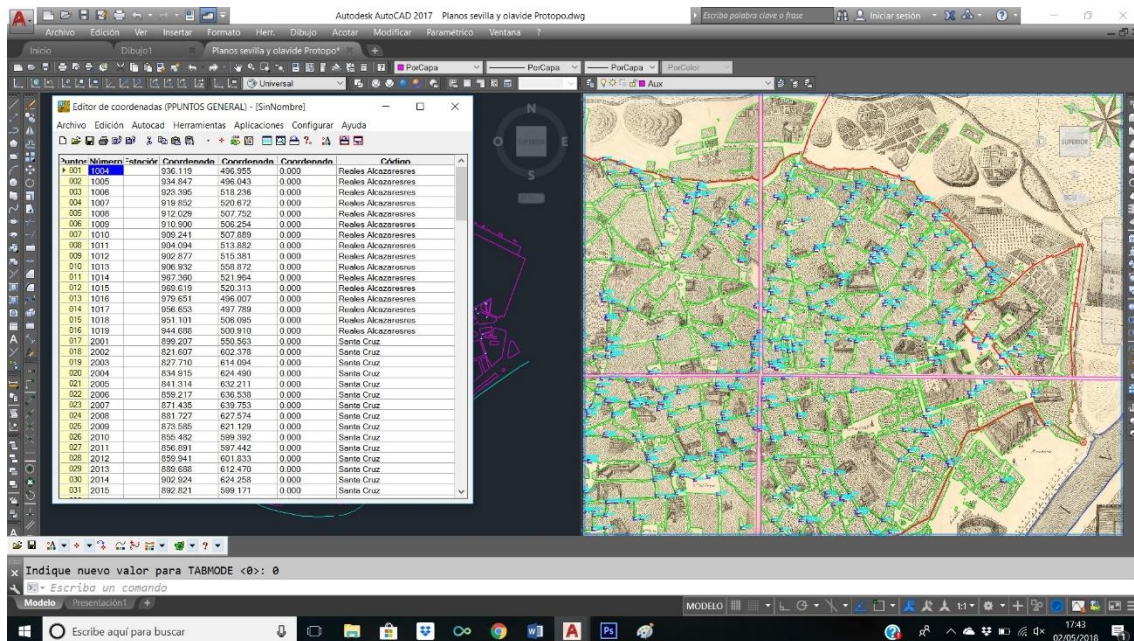


Fig. 22: Nube de puntos del cuadrante superior derecho del plano histórico. (Elaboración propia).

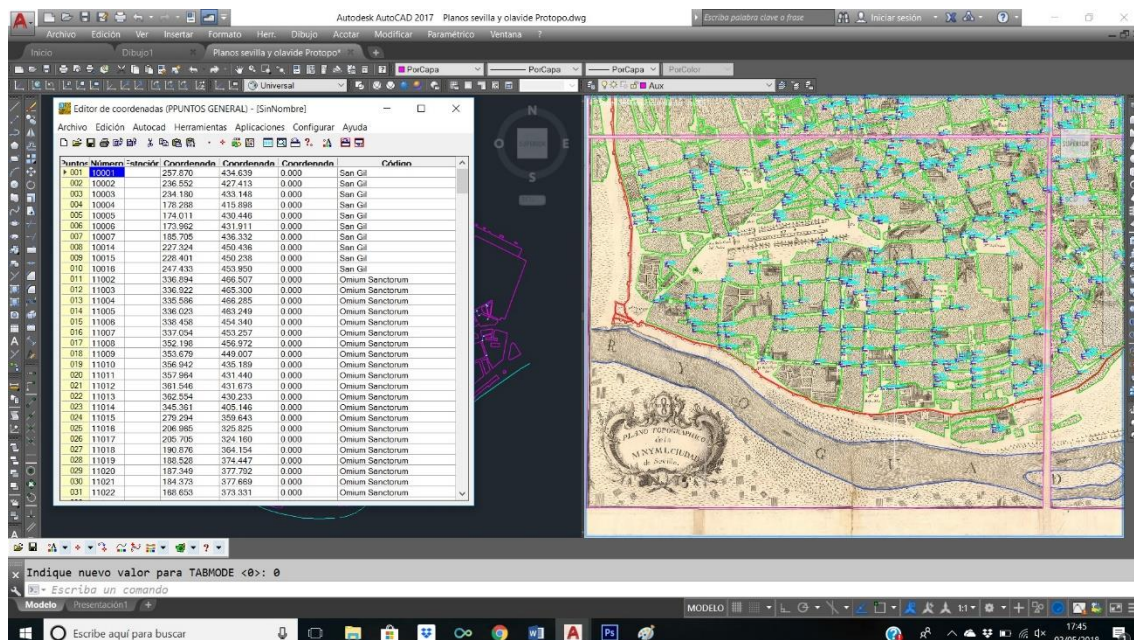


Fig. 23: Nube de puntos del cuadrante inferior izquierdo del plano histórico. (Elaboración propia).



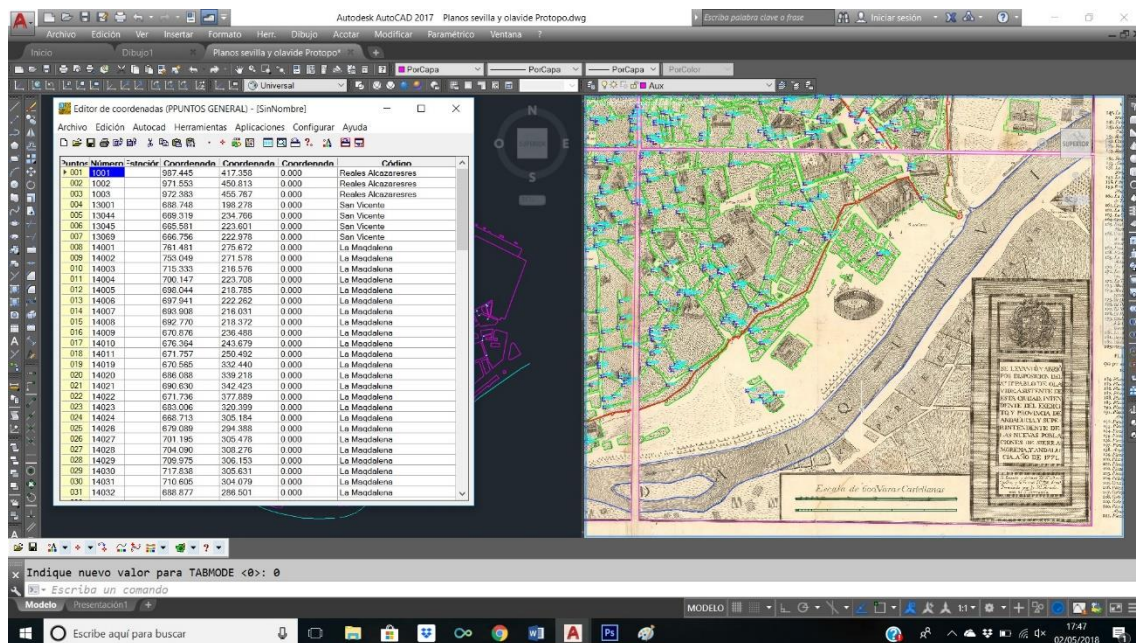


Fig. 24: Nube de puntos del cuadrante inferior derecho plano histórico. (Elaboración propia).

Una vez obtenidas ya todas las nubes de puntos, tanto del plano actual de Sevilla, como de las cuatro partes del plano histórico, procederemos a poner en un mismo archivo los puntos homólogos entre los dos planos. Por lo tanto, obtendremos como resultado cuatro nuevos archivos, los cuales resultarán de juntar la nube de puntos de cada uno de los cuadrantes del plano histórico con sus puntos homólogos del plano actual. Para ello, seguiremos un patrón específico que nos ayudará a la hora de obtener esta nueva nube de puntos, utilizando *Excel* para poder ordenar con facilidad las dos nubes de puntos, diferenciando entre las coordenadas de cada punto del plano actual, con las coordenadas de cada punto del plano histórico. (Fig. 25)

Nº Puntos	,	Coordenada X plano Histórico	,	Coordenada Y plano Histórico	,	Coordenada X plano actual	,	Coordenada Y plano actual	,
	,		,		,		,		,
	,		,		,		,		,
	,		,		,		,		,

Fig. 25: Patrón utilizado en Excel para unir puntos homólogos entre plano actual y plano histórico de Sevilla.

## Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

Siguiendo este patrón con Excel, obtenemos como resultado las siguientes tablas:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	4006		0.6319900000000000		0.6070800000000000		235576.2400000000000000		142667.7300000000000000				
2	5001		0.6402870000000000		0.6774330000000000		235757.5600000000000000		142614.6700000000000000				
3	5002		0.6388730000000000		0.6742080000000000		235753.3500000000000000		142619.4600000000000000				
4	5003		0.6486950000000000		0.6465020000000000		235672.3200000000000000		142611.4900000000000000				
5	5004		0.6486390000000000		0.6454600000000000		235670.2400000000000000		142613.1900000000000000				
6	5005		0.6407300000000000		0.6360990000000000		235643.1300000000000000		142635.5400000000000000				
7	5006		0.6409900000000000		0.6343370000000000		235640.2200000000000000		142637.7100000000000000				
8	5007		0.6371950000000000		0.6274660000000000		235623.2200000000000000		142651.1200000000000000				
9	5008		0.6304700000000000		0.6079870000000000		235577.7200000000000000		142670.7400000000000000				
10	5009		0.5991950000000000		0.6400140000000000		235680.4000000000000000		142741.1700000000000000				
11	5010		0.6025610000000000		0.6496920000000000		235703.2150000000000000		142726.8350000000000000				
12	5011		0.5779140000000000		0.6628010000000000		235747.6100000000000000		142778.6300000000000000				
13	5012		0.5784720000000000		0.6642080000000000		235750.5000000000000000		142776.0100000000000000				
14	5013		0.5658430000000000		0.6757320000000000		235786.2000000000000000		142805.7500000000000000				
15	5014		0.5667790000000000		0.6757770000000000		235787.4200000000000000		142808.2500000000000000				
16	5015		0.5727500000000000		0.6818450000000000		235800.0100000000000000		142791.9200000000000000				
17	5016		0.5696600000000000		0.6828220000000000		235802.6300000000000000		142794.7100000000000000				
18	5017		0.5709950000000000		0.6836510000000000		235804.2500000000000000		142793.0100000000000000				
19	5018		0.5528140000000000		0.7009500000000000		235846.3100000000000000		142828.4600000000000000				
20	5019		0.5531900000000000		0.7017580000000000		235851.0300000000000000		142823.8700000000000000				
21	5020		0.5833450000000000		0.6966030000000000		235836.7600000000000000		142760.8200000000000000				
22	5021		0.5828600000000000		0.6933580000000000		235836.3000000000000000		142761.8900000000000000				
23	5022		0.5827110000000000		0.6917560000000000		235836.5800000000000000		142763.5800000000000000				
24	5023		0.5810920000000000		0.6852540000000000		235803.3600000000000000		142767.8100000000000000				
25	5024		0.5806770000000000		0.6822350000000000		235799.3300000000000000		142768.3200000000000000				
26	5025		0.5824880000000000		0.6829180000000000		235799.2600000000000000		142764.1100000000000000				
27	5026		0.5830150000000000		0.6839240000000000		235803.0800000000000000		142762.5700000000000000				
28	5027		0.5921330000000000		0.6847020000000000		235795.0800000000000000		142740.8100000000000000				
29	5028		0.6202730000000000		0.6688870000000000		235747.3300000000000000		142673.6100000000000000				

Fig. 26: Tabla Excel con nube de puntos homólogos del plano actual e histórico. Cuadrante superior izquierdo. (Elaboración propia).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1004		0.9361190000000000		0.4969550000000000		235127.5350000000000000		141910.9580000000000000				
2	1005		0.9348470000000000		0.4960430000000000		235126.6100000000000000		141913.0900000000000000				
3	1006		0.9237500000000000		0.5182760000000000		235185.9800000000000000		141930.2000000000000000				
4	1007		0.9198520000000000		0.5266720000000000		235199.1900000000000000		141938.0700000000000000				
5	1008		0.9120290000000000		0.5077520000000000		235183.4300000000000000		141961.9500000000000000				
6	1009		0.9109000000000000		0.5062540000000000		235180.6700000000000000		141966.8500000000000000				
7	1010		0.9092410000000000		0.5078890000000000		235185.5600000000000000		141969.5600000000000000				
8	1011		0.9040940000000000		0.5138820000000000		235210.7000000000000000		141985.9800000000000000				
9	1012		0.9028770000000000		0.5153810000000000		235214.4000000000000000		141988.3400000000000000				
10	1013		0.9069320000000000		0.5588720000000000		235302.9300000000000000		141995.9800000000000000				
11	1014		0.9673600000000000		0.5219640000000000		235185.9000000000000000		141814.6400000000000000				
12	1015		0.9696190000000000		0.5203130000000000		235180.3400000000000000		141810.8600000000000000				
13	1016		0.9796510000000000		0.4960370000000000		235107.0900000000000000		141807.3400000000000000				
14	1017		0.9566530000000000		0.4977890000000000		235129.4000000000000000		141854.7600000000000000				
15	1018		0.9511010000000000		0.5060950000000000		235153.3700000000000000		141866.2200000000000000				
16	1019		0.9446880000000000		0.5009100000000000		235144.7800000000000000		141884.6600000000000000				
17	2001		0.8992070000000000		0.5505630000000000		235297.1800000000000000		142015.7300000000000000				
18	2002		0.8216070000000000		0.6023780000000000		235492.8000000000000000		142184.1300000000000000				
19	2003		0.8277100000000000		0.6140940000000000		235505.3400000000000000		142174.0900000000000000				
20	2004		0.8349150000000000		0.6244900000000000		235530.1500000000000000		142134.8200000000000000				
21	2005		0.8413140000000000		0.6322110000000000		235544.4800000000000000		142117.5300000000000000				
22	2006		0.8592170000000000		0.6365380000000000		235543.9300000000000000		142067.5300000000000000				
23	2007		0.8714350000000000		0.6397530000000000		235555.8600000000000000		142029.1900000000000000				
24	2008		0.8817270000000000		0.6275740000000000		235514.3800000000000000		142009.1400000000000000				
25	2009		0.8735850000000000		0.6211290000000000		235501.0300000000000000		142036.1900000000000000				
26	2010		0.8554820000000000		0.5993920000000000		235452.9700000000000000		142098.8100000000000000				
27	2011		0.8568910000000000		0.5974420000000000		235449.2900000000000000		142096.4200000000000000				
28	2012		0.8599410000000000		0.6018330000000000		235456.3400000000000000		142085.0300000000000000				
29	2013		0.8896880000000000		0.6124700000000000		235471.5900000000000000		141996.4400000000000000				

Fig. 27: Tabla Excel con nube de puntos homólogos del plano actual e histórico. Cuadrante superior derecho. (Elaboración propia).



# Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	10001	x	0.2578700000000000	x	0.4346390000000000	x	235362.6000000000000000	x	143690.6400000000000000	x				
2	10002	x	0.2365520000000000	x	0.4274130000000000	x	235361.7100000000000000	x	143748.5900000000000000	x				
3	10003	x	0.2341800000000000	x	0.4331480000000000	x	235374.3800000000000000	x	143749.2700000000000000	x				
4	10004	x	0.1782880000000000	x	0.4158980000000000	x	235362.2400000000000000	x	143908.9300000000000000	x				
5	10005	x	0.1746110000000000	x	0.4304460000000000	x	235408.0400000000000000	x	143909.3800000000000000	x				
6	10006	x	0.1739620000000000	x	0.4319110000000000	x	235414.3800000000000000	x	143908.7300000000000000	x				
7	10007	x	0.1857050000000000	x	0.4363320000000000	x	235417.3500000000000000	x	143869.0600000000000000	x				
8	10014	x	0.2273240000000000	x	0.4504360000000000	x	235428.8700000000000000	x	143757.5000000000000000	x				
9	10015	x	0.2284010000000000	x	0.4502380000000000	x	235429.3100000000000000	x	143754.2700000000000000	x				
10	10016	x	0.2474330000000000	x	0.4539500000000000	x	235426.6650000000000000	x	143699.6000000000000000	x				
11	11002	x	0.3368940000000000	x	0.4665070000000000	x	235398.5000000000000000	x	143482.1300000000000000	x				
12	11003	x	0.3369220000000000	x	0.4653000000000000	x	235395.6200000000000000	x	143482.7700000000000000	x				
13	11004	x	0.3354860000000000	x	0.4662850000000000	x	235395.5650000000000000	x	143486.2300000000000000	x				
14	11005	x	0.3360230000000000	x	0.4632490000000000	x	235389.2900000000000000	x	143486.5700000000000000	x				
15	11006	x	0.3384580000000000	x	0.4543400000000000	x	235363.7700000000000000	x	143476.8600000000000000	x				
16	11007	x	0.3370540000000000	x	0.4532570000000000	x	235362.2400000000000000	x	143482.6600000000000000	x				
17	11008	x	0.3521980000000000	x	0.4569720000000000	x	235364.0100000000000000	x	143445.3300000000000000	x				
18	11009	x	0.3536790000000000	x	0.4490070000000000	x	235336.4300000000000000	x	143443.6700000000000000	x				
19	11010	x	0.3569420000000000	x	0.4351890000000000	x	235289.4400000000000000	x	143440.8100000000000000	x				
20	11011	x	0.3579640000000000	x	0.4314400000000000	x	235281.4400000000000000	x	143439.9100000000000000	x				
21	11012	x	0.3615460000000000	x	0.4316730000000000	x	235276.3800000000000000	x	143455.5800000000000000	x				
22	11013	x	0.3625400000000000	x	0.4302330000000000	x	235273.1000000000000000	x	143434.2000000000000000	x				
23	11014	x	0.3453610000000000	x	0.4051460000000000	x	235224.7500000000000000	x	143499.2900000000000000	x				
24	11015	x	0.2792940000000000	x	0.3596430000000000	x	235156.0700000000000000	x	143689.0600000000000000	x				
25	11016	x	0.2069650000000000	x	0.3258250000000000	x	235136.2400000000000000	x	143872.9300000000000000	x				
26	11017	x	0.2057050000000000	x	0.3241600000000000	x	235136.4700000000000000	x	143879.8400000000000000	x				
27	11018	x	0.1908760000000000	x	0.3641540000000000	x	235211.7700000000000000	x	143919.1100000000000000	x				
28	11019	x	0.1885280000000000	x	0.3744470000000000	x	235245.0200000000000000	x	143917.0600000000000000	x				
29	11020	x	0.1873490000000000	x	0.3777920000000000	x	235253.5200000000000000	x	143915.7000000000000000	x				

Fig. 28: Tabla Excel con nube de puntos homólogos del plano actual e histórico. Cuadrante inferior izquierdo. (Elaboración propia).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1001	x	0.9874450000000000	x	0.4173580000000000	x	234909.9700000000000000	x	141812.9500000000000000	x			
2	1002	x	0.9715530000000000	x	0.4508130000000000	x	234990.8400000000000000	x	141835.3800000000000000	x			
3	1003	x	0.9723830000000000	x	0.4557670000000000	x	235013.8200000000000000	x	141831.6800000000000000	x			
4	13001	x	0.6887480000000000	x	0.1982780000000000	x	234435.7900000000000000	x	142760.1800000000000000	x			
5	13044	x	0.6693190000000000	x	0.2347660000000000	x	234539.7600000000000000	x	142780.3700000000000000	x			
6	13045	x	0.6655810000000000	x	0.2336010000000000	x	234530.6900000000000000	x	142798.9400000000000000	x			
7	13069	x	0.6667650000000000	x	0.2229780000000000	x	234516.7000000000000000	x	142796.6900000000000000	x			
8	14001	x	0.7614810000000000	x	0.2756720000000000	x	234634.4800000000000000	x	142488.5400000000000000	x			
9	14002	x	0.7530490000000000	x	0.2715780000000000	x	234620.0100000000000000	x	142506.4300000000000000	x			
10	14003	x	0.7153330000000000	x	0.2165760000000000	x	234452.9800000000000000	x	142673.5000000000000000	x			
11	14004	x	0.7001470000000000	x	0.2237080000000000	x	234484.5800000000000000	x	142706.1900000000000000	x			
12	14005	x	0.6980440000000000	x	0.2187850000000000	x	234477.5800000000000000	x	142714.4100000000000000	x			
13	14006	x	0.6979410000000000	x	0.2226200000000000	x	234483.4000000000000000	x	142713.0500000000000000	x			
14	14007	x	0.6939080000000000	x	0.2160310000000000	x	234472.8100000000000000	x	142729.5200000000000000	x			
15	14008	x	0.6927700000000000	x	0.2183720000000000	x	234478.1500000000000000	x	142730.7500000000000000	x			
16	14009	x	0.6708760000000000	x	0.2364880000000000	x	234545.4700000000000000	x	142769.4500000000000000	x			
17	14010	x	0.6763640000000000	x	0.2436790000000000	x	234555.9400000000000000	x	142749.0800000000000000	x			
18	14011	x	0.6717570000000000	x	0.2504920000000000	x	234576.6800000000000000	x	142750.9100000000000000	x			
19	14019	x	0.6705650000000000	x	0.3324400000000000	x	234819.3300000000000000	x	142716.9300000000000000	x			
20	14020	x	0.6860880000000000	x	0.3392180000000000	x	234811.9400000000000000	x	142665.3500000000000000	x			
21	14021	x	0.6906300000000000	x	0.3474230000000000	x	234819.2700000000000000	x	142648.4500000000000000	x			
22	14022	x	0.6717650000000000	x	0.3778890000000000	x	234978.6500000000000000	x	142677.4700000000000000	x			
23	14023	x	0.6830600000000000	x	0.3203990000000000	x	234765.5400000000000000	x	142681.8200000000000000	x			
24	14024	x	0.6687130000000000	x	0.3051840000000000	x	234758.4400000000000000	x	142743.1400000000000000	x			
25	14026	x	0.6790890000000000	x	0.2943880000000000	x	234707.5200000000000000	x	142708.4300000000000000	x			
26	14027	x	0.7011950000000000	x	0.3054780000000000	x	234708.5400000000000000	x	142653.3000000000000000	x			
27	14028	x	0.7040900000000000	x	0.3082760000000000	x	234722.7900000000000000	x	142641.6900000000000000	x			
28	14029	x	0.7099750000000000	x	0.3061530000000000	x	234709.4000000000000000	x	142627.5000000000000000	x			
29	14030	x	0.7178380000000000	x	0.3056310000000000	x	234702.9900000000000000	x	142620.8900000000000000	x			

Fig. 29: Tabla Excel con nube de puntos homólogos del plano actual e histórico. Cuadrante inferior derecho. (Elaboración propia).

## Re-estudio cartométrico del Plano de Olavide de 1771

Una vez que tenemos bien definidas las cuatro nubes de puntos con este patrón, procederemos a pasarlo de formato *Excel* a un archivo *.txt*, que será el formato final sobre el cual trabajaremos. (Fig. 30).

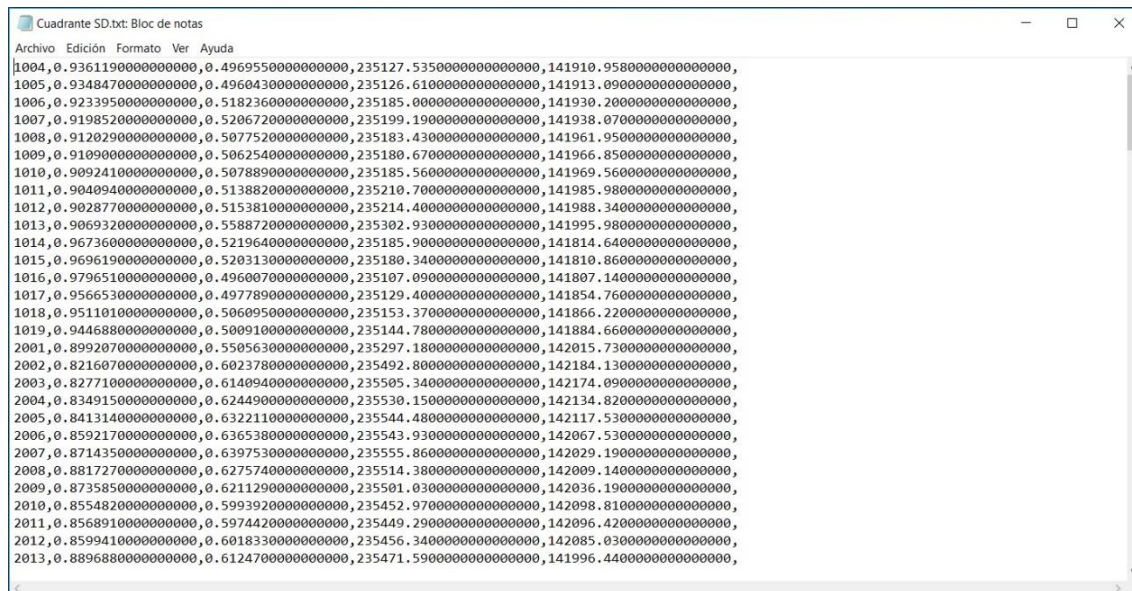


Fig. 30: Nube de puntos en formato final *.txt*. (Elaboración propia).

### 5.3. Software MAPANALYST. (Síntesis a partir la tesis de Aguilar-Camacho, 2017)

#### 1ª ¿Por qué MapAnalyst?:

Teniendo en cuenta la metodología que estamos siguiendo y las herramientas que estamos utilizando, explicadas anteriormente, llevaremos a cabo un proceso que nos será eficaz para resolver nuestro caso de estudio particular.

De tal modo, concluimos que el modelo que mejor se ajusta a nuestras necesidades, es el ofrecido por el software MapAnalyst. Estos son los principales argumentos que justifican su elección:

- ✓ Está basada en el método de ajuste de nubes de puntos homólogos, aplicando los principios de la regresión bidimensional y la interpolación multicuadrática. Una metodología actual, con resultados suficientemente contrastados en la literatura, independientemente de la escala del documento, objetiva y reproducible sistemáticamente en todos los planos de la colección.
- ✓ Ofrece indicadores analíticos y gráficos de la distorsión posicional y su variación local a lo largo del plano, encontrándose en este último aspecto un escalón por encima de las mejores herramientas GIS desarrolladas en el mercado.
- ✓ Proporciona una interfaz sencilla y muy transparente de cara al usuario final.
- ✓ Permite la inserción de pares de puntos homólogos con relativa agilidad y rigor.
- ✓ Es una herramienta gratuita, de libre distribución y de código abierto, que ofrece cierto grado de flexibilidad para mejorar determinados procedimientos de trabajo.
- ✓ Está específicamente diseñada para la evaluación de la exactitud posicional en cartografía histórica.

Podríamos haber elegido otros modelos de análisis basados en utilidades GIS y formulados bajo principios metodológicos similares. No obstante, aunque la mayoría de estas aplicaciones incorpora un amplio abanico de utilidades que permiten llevar a cabo evaluaciones de exactitud posicional en cartografía histórica, ninguna está exclusivamente orientada a ello.



Por esta razón, muestran algunas carencias respecto a MapAnalyst, particularmente, en lo relativo a:

- La escasez de indicadores gráficos que la mayoría incorporan para conocer la distribución local de la distorsión.
- Muchas de estas aplicaciones incorporan herramientas poco ágiles o eficientes para insertar y vincular grandes nubes de puntos.
- La complejidad de sus interfaces suele demandar una formación previa y específica del usuario.

No obstante, las aplicaciones GIS también presentan, por el momento, incuestionables ventajas respecto a MapAnalyst:

- Gran repertorio de algoritmos de transformación (lineales, polinómicas, rubber-sheeting...)
- La posibilidad de llevar a cabo superposiciones georreferenciadas entre la cartografía histórica y la actual.
- La capacidad de trabajar directamente con cartografía en formato vectorial.

## *2º Indicadores analíticos y gráficos:*

MapAnalyst se basa en el ajuste de nubes homólogas de puntos de control, que son identificadas entre un mapa antiguo y otro actual, que mediante algoritmos matemáticos de transformación, genera una serie de indicadores analíticos y gráficos que informan sobre la distorsión presente en un mapa o plano antiguo.

Información ofrecida por los indicadores analíticos:

- Error promedio global del ajuste entre ambas nubes de puntos, expresado en términos del error medio cuadrático (RMSE) y su desviación estándar.
- Escala promedio global de la nube de puntos y sus componentes horizontal y vertical.
- Rotación promedio global entre las nubes de puntos y sus componentes horizontal y vertical.

Además, el programa permite obtener un informe con los detalles del cálculo de la transformación aplicada. Este informe, nos muestra entre otras cosas, la fórmula matemática de la transformación, el valor de sus parámetros y la precisión del ajuste alcanzado en término global, para toda la nube, y residual, para cada par de puntos homólogos, con el desglose, en este último supuesto, de la componente horizontal y vertical del residuo. Además, el informe identifica con un asterisco, aquellos puntos homólogos cuyo residuo excede en tres veces el valor de la desviación estándar.

En cuanto a los indicadores gráficos, se muestran y calculan los siguientes. (Fig. 31)

- Malla de distorsión.
  - Malla de 50x50 m, nos muestra la deformación que presenta el mapa histórico con respecto al mapa actual.
- Vectores de error o desplazamiento.
  - Nos muestran el desplazamiento de los puntos de control con respecto al mapa actual.
- Círculos de error.
  - Comprende el error de cada punto de control.
- Isolíneas de escala y rotación.
  - Indican las partes del plano histórico que se encuentran comprimidas y las partes que se encuentran estiradas.

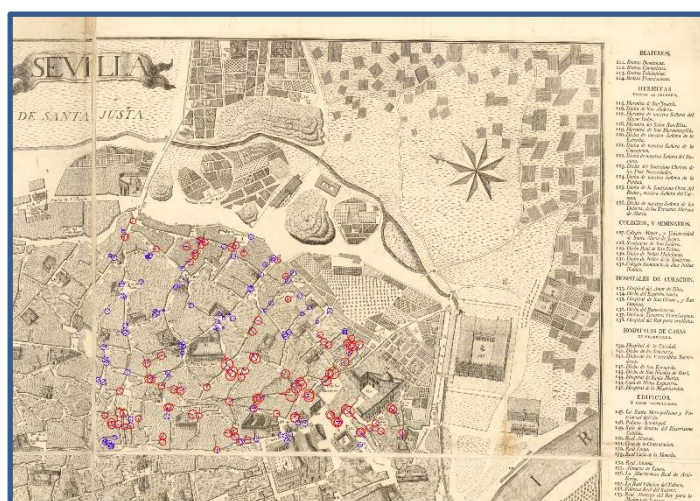
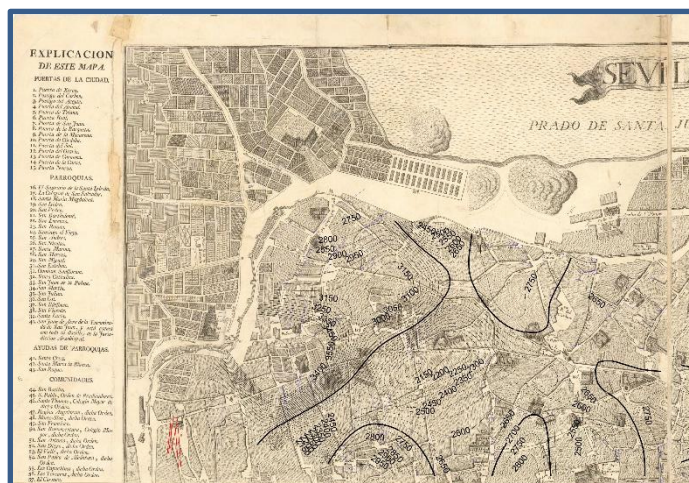
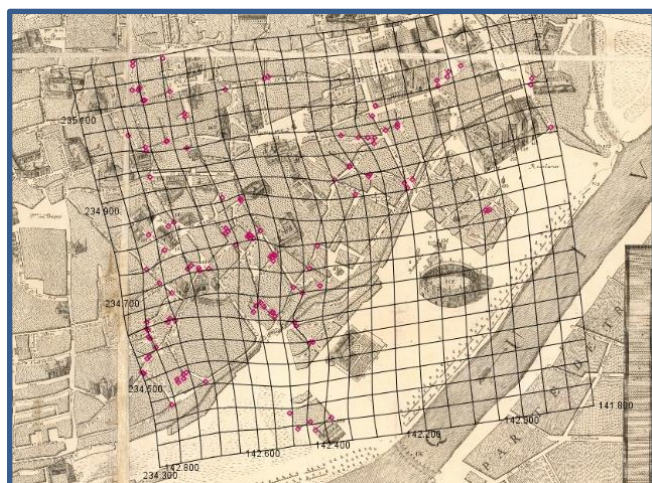


Fig. 31: Algunos ejemplos de los indicadores gráficos generados por MapAnalyst: Malla de distorsión (imagen superior izquierda), vectores de desplazamiento (imagen superior derecha), e isolíneas de escala (imagen inferior). (Elaboración propia).



Todas estas visualizaciones generadas pueden exportarse en varios formatos gráficos (SVG, WMF, DXF, JPEG y PNG).

Hay que destacar también la posibilidad de realizar una gran cantidad de ajustes sobre cada indicador (tamaño de la malla, factor de escala, color, grosor, tipo de línea, etc...), con la finalidad de ajustar cada parámetro acorde a nuestras necesidades y así poder tener una visión personalizada

### *3ª Opciones de transformación:*

MapAnalyst es capaz de soportar diversos tipos de transformaciones geométricas, siendo todas ellas de tipo lineal y con ajuste de residuos mediante mínimos cuadrados:

- ✓ Transformación Helmert de 4 parámetros.
- ✓ Transformación afín plana de 5 parámetros.
- ✓ Transformación afín plana de 6 parámetros.

MapAnalyst es capaz de llevar a cabo transformaciones matemáticas en ambos sentidos, lo que significa que, puede ajustar la nube de puntos de control del mapa antiguo con la del mapa actual de referencia o viceversa. De esta manera, los indicadores analíticos y gráficos pueden obtenerse sobre el mapa antiguo, calculados respecto al mapa moderno, o viceversa.

Para finalizar, este software nos proporciona un informe final, para poder comparar los resultados analíticos con cada tipo de transformación (Helmert y afines), lo que nos será de gran ayuda para verificar si la opción elegida es la más adecuada.

En nuestro caso, optaremos por utilizar una transformación afín de 6 parámetros, ya que es más exacta y es la más adecuada teniendo en cuenta las deformaciones de nuestro plano.

#### 4ª Interfaz de usuario:

La ventana principal de MapAnalyst se divide horizontalmente en dos (Fig. 32). A la izquierda (Fig. 32, recuadro 3), se carga la imagen del documento antiguo (Old Map Image). A la derecha (Fig. 32, recuadro 4), se muestra el mapa actual de referencia con el que se realiza la comparación (New Map Image).

Para identificar los pares de puntos homólogos en cada documento, se emplean unos marcadores que son configurables tanto en forma, tamaño y color (en la Fig. 32, se representa con círculo de color rojo).

Encima de estas dos ventanas se ubica la barra de herramientas (Fig. 32, recuadro 1), que también proporciona información dinámica sobre las coordenadas, escala y rotación local al desplazar el cursor por alguno de los mapas (Fig. 32, recuadro 2).

En la parte inferior se pueden personalizar los parámetros de visualización de las distintas herramientas gráficas (mallas de distorsión, vectores de desplazamiento, círculos de error e isolíneas de rotación y escala) (Fig. 32, recuadro 5), realizar la vinculación y edición de pares de puntos homólogos (Fig. 32, recuadro 6) y consultar los indicadores analíticos del ajuste resultante entre ambas nubes de puntos (Fig. 32, recuadro 7).

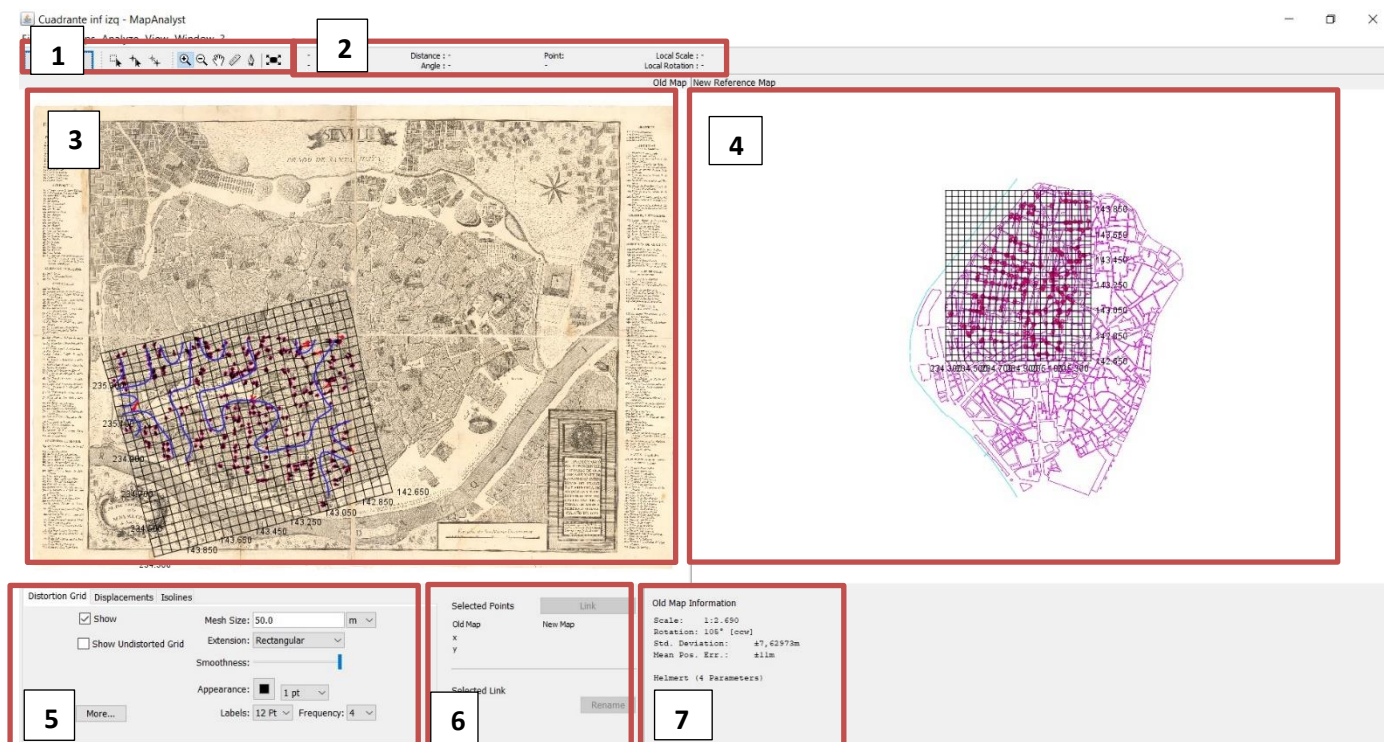


Fig. 32: Distribución del espacio de trabajo en la pantalla principal de MapAnalyst. (elaborado a partir de: Aguilar-Camacho 2017, pp.253)

### *5º Requisitos para poder utilizar MapAnalyst:*

El principal requisito para poder aplicar correctamente los principios metodológicos que implementa MapAnalyst, parte de la necesidad de que ambos documentos cartográficos (histórico y actual) compartan la misma proyección o una muy parecida. De no ser así, los resultados ofrecidos por la aplicación pueden presentar una distorsión excesiva.

Si se conoce la proyección del mapa o plano antiguo (no suele ser habitual), el mapa actual de referencia debe ser transformado a la misma mediante una aplicación GIS, pues MapAnalyst no ofrece, por el momento, esta posibilidad.

La selección del número de puntos homólogos y su distribución sobre el mapa o plano es lo que mayor repercusión tiene sobre los resultados.

En cuanto a los requisitos del sistema para la instalación de la última actualización del programa, es necesario contar con la versión 8 o superior de Java Virtual Machine.

### *6º Limitaciones de esta aplicación:*

Vamos a enumerar las principales limitaciones que hemos encontrado durante nuestra experiencia utilizando esta aplicación (verificando estas limitaciones con las que expone Aguilar-Camacho, 2017, pp.255).

- Importación de cartografía sólo en formato ráster (JPEG, GIF, PNG y BMP), aunque los formatos recomendados son JPEG, PNG o GIF.
- Las imágenes que se pueden cargar están limitadas a un tamaño máximo de 5000x5000 píxeles, lo que condiciona considerablemente la resolución con la que se pueden importar planos de gran formato.
- De forma predeterminada, MapAnalyst está configurado para utilizar, como referente actual, la cartografía suministrada por la plataforma OpenStreetMap, si bien ofrece la opción de cambiarla. Esta cartografía no resulta adecuada para nuestro trabajo, ya que utilizaremos una cartografía georreferenciada en coordenadas UTM.
- Aunque incorpora una utilidad específica que permite vincular pares de puntos homólogos entre uno y otro mapa, ésta no funciona con la agilidad deseable para introducir elevadas cantidades de puntos en un tiempo razonable. La forma en la que hay que enumerar los puntos y la imposibilidad de operar el zoom en las imágenes mediante la rueda del ratón, son los principales responsables de ello.



## 5.4 Tratamiento con MapAnalyst de cada una de las 4 partes del plano.

Para el análisis con la aplicación MapAnalyst, vamos a llevar a cabo el proceso 4 veces, una por cada una de las hojas o partes del plano histórico. Las nombraremos, siguiendo el siguiente orden. (Fig. 33).

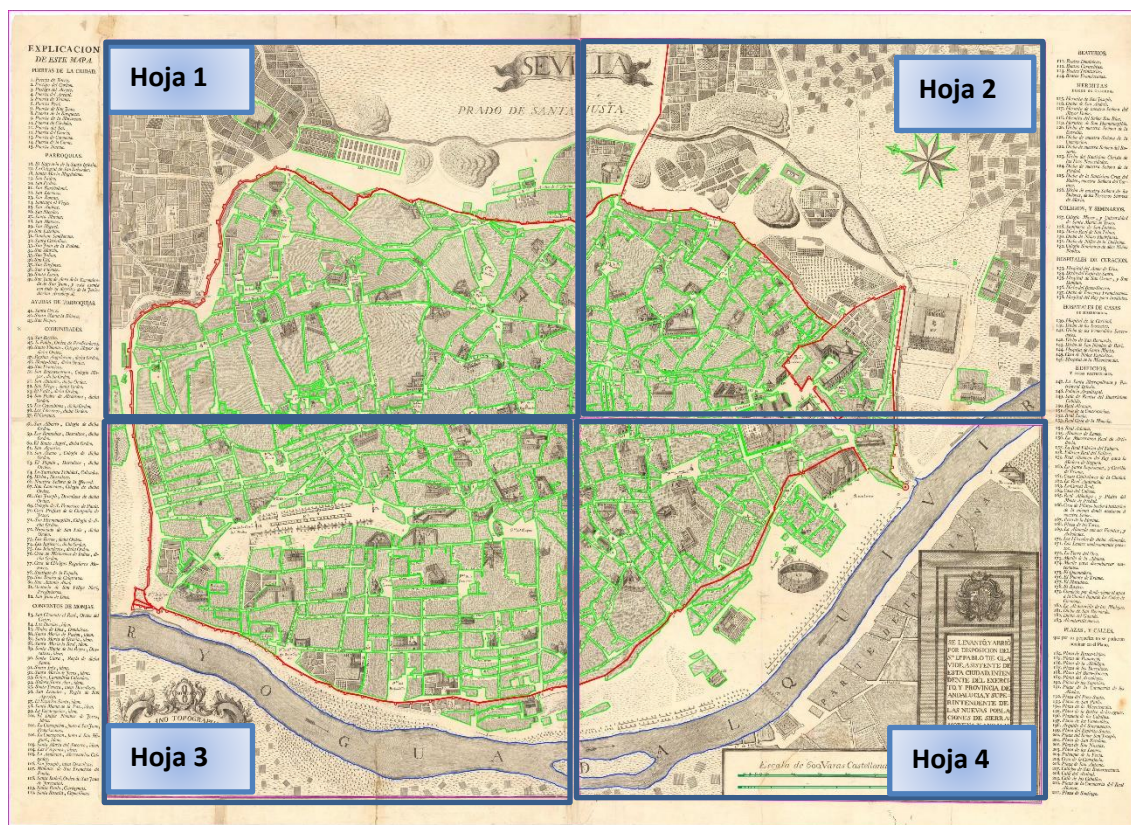


Fig. 33: Plano de Sevilla 1771 vectorizado. Diferenciación de sus 4 partes. (Elaboración propia).

### 5.4.1 Obtención de la orientación del plano histórico.

Como análisis adicional al realizado para cada una de las 4 hojas, vamos a realizar un quinto proceso con MapAnalyst, para determinar si la rosa de los vientos representada en el mapa histórico se encuentra bien orientada.

Para dicho análisis, vamos a determinar si el norte de la rosa de los vientos coincide con el norte de la cuadrícula del mapa actual.

Analizaremos la hoja 2, que es la que contiene la rosa de los vientos. Mediante la inserción de 5 puntos de control sobre los puntos cardinales de la rosa (Norte, Sur, Este y Oeste) y un punto central, dibujaremos además una cruz en la ventana del mapa actual, haciendo coincidir el norte de la cuadrícula con la esquina superior de la cruz. Enlazaremos los 5 puntos entre sí con su homólogo. A continuación, determinaremos mediante el análisis de 6 parámetros la desviación de la rosa de los vientos. (Fig. 34).

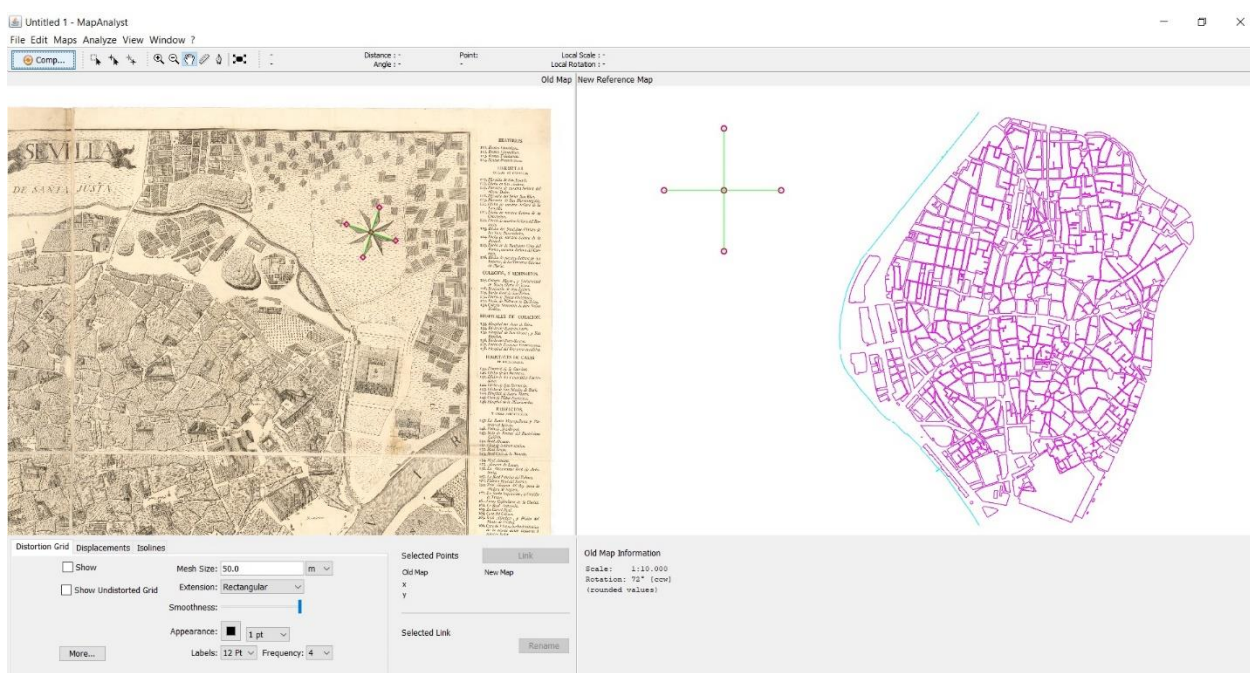


Fig. 34: Orientación de rosa de los vientos con respecto al norte de la cuadrícula (Nc), tomando 5 puntos de control sobre la rosa de los vientos. Obtenemos como resultado una desviación de 72° con respecto al norte de la cuadrícula (Nc). (Elaboración propia).

Hay que tener en cuenta, que la imagen del mapa histórico insertada en MapAnalyst se encuentra girada  $90^\circ$  con respecto al mapa actual, por lo que a los resultados obtenidos en la rotación tenemos que restarle  $90^\circ$ . De este modo, la rosa de los vientos se encuentra desviada  $-18^\circ$  con respecto al Nc. (Fig. 35).

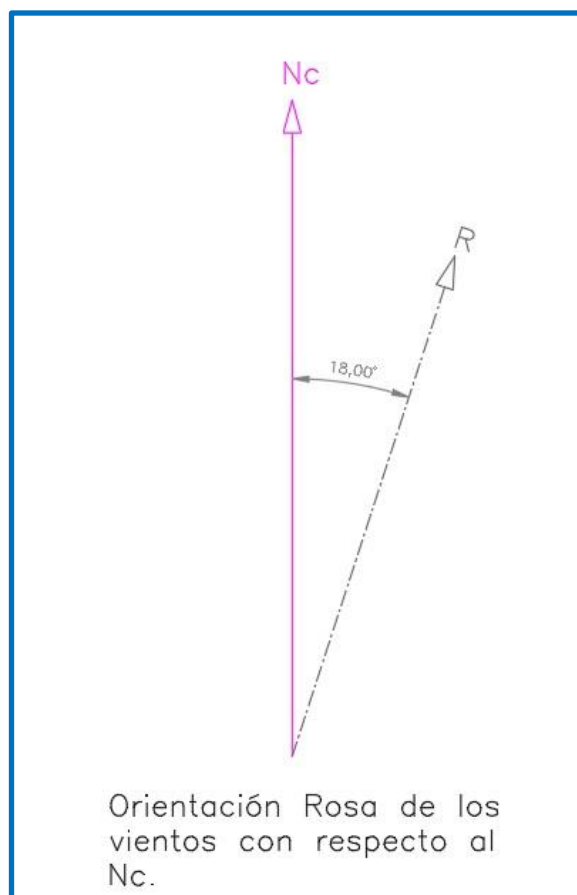


Fig. 35: Representación gráfica de orientación de la rosa de los vientos con respecto al norte de la cuadrícula. (Elaboración propia).



## 6. Análisis y resultados

### 6.1 . Generales

#### 6.1.1 Exactitud RMSE:

El error cuadrático medio RMSE mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, en nuestro caso el error que existe entre la posición de los puntos del plano histórico con respecto al plano actual.

Los valores obtenidos por MapAnalist por cada una de las 4 hojas son:

- **Hoja 1:** error de posición medio +38 m.
- **Hoja 2:** error de posición medio +12 m.
- **Hoja 3:** error de posición medio +8 m.
- **Hoja 4:** error de posición medio +23m.

Como podemos observar en los valores obtenidos de cada una de las 4 hojas, la hoja 1 es la que presenta una desviación mayor junto con la hoja 4. Esto quiere decir que esas dos hojas son las que presentan una mayor desviación entre los puntos del plano histórico con respecto al plano actual, estando por lo tanto más deformadas.

Por otro lado, las hojas 2 y 3 se encuentran menos deformadas, siendo la hoja 3 la que tiene el valor de desviación entre puntos homólogos más bajo, por lo que es la que presenta una distorsión menor.

#### 6.1.2 Escala promedio de cada una de las 4 hojas:

A continuación, vamos a ver los datos analíticos que ofrece MapAnalyst (versión 1.3.26).

En nuestro caso, vamos a utilizar la transformación afín de 6 parámetros, ya que la de 4 parámetros se utiliza para planos con poca deformación.

- **Hoja 1:**
  - Escala Horizontal: 1:2.700
  - Escala Vertical: 1:2.500
- **Hoja 2:**
  - Escala Horizontal: 1:2.700
  - Escala Vertical: 1:2.700
- **Hoja 3:**
  - Escala Horizontal: 1:2.700
  - Escala Vertical: 1:2.700
- **Hoja 4:**
  - Escala Horizontal: 1:2.800
  - Escala Vertical: 1:2.800

Comparando la escala horizontal con la escala vertical, podemos apreciar como la hoja 1 es la única que presenta diferencia entre ambas escalas, siendo la escala horizontal (1:2700) más pequeña que la vertical (1:2500), esto nos indica que en esa parte del plano las manzanas se encuentran estiradas horizontalmente.

En general, viendo la escala de las hojas en su conjunto, podemos concluir que la escala promedio del plano es de **1:2700**, con dos pequeñas excepciones, la hoja 1 y la hoja 4, siendo estas las que presentan mayor deformación.

Y según la escala plasmada en el Plano de Olavide expresada en varas castellanas, obtenemos una equivalencia de: 600 varas/8 pulgadas, o lo que es lo mismo, 75 varas/pulgada (900 varas/pie), considerando:

-1 vara Castellana = 0,835905 m.

-1 pie de Burgos = 0.278635 m.

-1 pulgada = 0.02322 m.

Concluyendo de esta forma que la escala gráfica del plano es de **75varas/pulgada** = **2.699,95**, o lo que es lo mismo 1: 2700, demostrando así que el plano de 1771 se encuentra bien escalado.

### 6.1.3 Orientación promedio de cada una de las 4 hojas:

Los datos obtenidos con MapAnalyst (versión 1.3.26), con la transformación afín de 6 parámetros:

- **Hoja 1:**  
-Rotación Y:  $99^\circ$  [ccw]  $\rightarrow 9^\circ$  [ccw] \*
- **Hoja 2:**  
-Rotación Y:  $100^\circ$  [ccw]  $\rightarrow 10^\circ$  [ccw] \*
- **Hoja 3:**  
-Rotación Y:  $105^\circ$  [ccw]\*  $\rightarrow 15^\circ$  [ccw] \*
- **Hoja 4:**  
-Rotación Y:  $97^\circ$  [ccw]  $\rightarrow 7^\circ$  [ccw] \*
- **Rosa de los vientos:**  
-Rotación Y:  $-72^\circ$  [ccw]  $\rightarrow 18^\circ$  [ccw] \*

**Nota:** \*

-A los valores de Rotación Y se le ha restado  $90^\circ$  por la orientación hacia el borde izquierdo del Norte de la cuadrícula en el Plano de Olavide.

-[ccw] (counter clock wise ó contrario a las agujas del reloj).



Observamos como la rotación Y de la Rosa de los vientos es de  $72^\circ$  ccw con respecto al Norte de la cuadrícula (Nc).

En la siguiente tabla, se obtienen los valores de la orientación de la trama con respecto a la rosa de los vientos. Para ello, restaremos el valor de la rotación de cada hoja a la rotación de la rosa de los vientos. (Fig 36).

<b><math>\Delta</math> Rosa de los vientos y orientación de la trama</b>	
<b>HOJA 1</b>	<b>HOJA 2</b>
Rotación Y: $99^\circ$ ccw Rotación Y Rosa: $72^\circ$ ccw  <b><math>27^\circ</math></b>	Rotación Y: $100^\circ$ ccw Rotación Y Rosa: $72^\circ$ ccw  <b><math>28^\circ</math></b>
<b>HOJA 3</b>	<b>HOJA 4</b>
Rotación Y: $105^\circ$ ccw Rotación Y Rosa: $72^\circ$ ccw  <b><math>33^\circ</math></b>	Rotación Y: $97^\circ$ ccw Rotación Y Rosa: $72^\circ$ ccw  <b><math>25^\circ</math></b>

Fig. 36: Tabla resumen  $\Delta$  rotación rosa de los vientos y trama. (Elaboración propia).

Se puede ver, como cada una de las 4 hojas presenta una desviación con respecto a la rosa de los vientos, con valores comprendidos entre  $25^\circ$  y  $33^\circ$ . Este dato nos indica que la rosa de los vientos no está colocada orientada con las hojas, lo que demuestra que es meramente decorativa.

Una vez visto que la rosa de los vientos no se encuentra orientada con respecto a las 4 hojas del plano histórico, vamos a ver en qué posición se encuentra la orientación de la trama urbana de cada hoja con respecto a:

- **Nc:** Norte de la cuadrícula UTM-ETRS89, Sevilla (2008).
- **Ng:** Norte geográfico en Sevilla en el punto de referencia.
- **Nm:** Norte magnético para el año 1771.
- **R:** Norte rosa de los vientos plano de 1771.
- **N:** Orientación trama urbana del plano.

Coordenada punto de referencia en Sevilla (235749.76,4143344.59) UTM ETRS89/Huso 30.

En el siguiente gráfico (ANEXO Fig. 37), vamos a observar gráficamente la orientación de cada una de las 4 hojas con respecto a los diferentes **nortes** que hemos nombrado anteriormente.

Si analizamos la orientación de las hojas con respecto al **Nm** de la época, podemos ver que la variación es mínima, con unas desviaciones más que aceptables para la época que se levantó, por lo que podemos afirmar que el levantamiento del plano se hizo correctamente orientado al **Nm**.

Por otro lado, aun estando bien orientadas, las hojas 1 y 4 presentan una desviación unos grados mayor que las hojas 2 y 3, lo que indica como estamos viendo a lo largo de las diferentes partes de análisis que, esas hojas presentan un error mayor.

#### 6.1.4 Deformación de cada una de las 4 hojas:

- Hoja 1 → presenta la mayor deformación.
- Hoja 2 → segunda hoja menos deformada.
- Hoja 3 → presenta la menor deformación.
- Hoja 4 → segunda hoja más deformada.



Fig. 38: Mapa de 1771 con Isolíneas de escala de sus 4 hojas. (Elaboración propia).



Como análisis general del plano, podemos observar mediante las isolíneas de escala cuál de las hojas presenta mayor deformación, siendo las partes con un mayor número de isolíneas de escala las más deformadas, debido a que un número mayor de isolíneas representa una variación mayor en la escala del mapa, mientras que las hojas con menor número de isolíneas representan una escala general del plano más homogénea.

Se puede ver como en general, en el centro de cada hoja, se encuentra más deformada que por los bordes, lo que nos lleva a la conclusión de que los levantamientos se empezaron a hacer desde los bordes hacia el centro.

También, hemos podido contrastar una de las hipótesis que Algarín Vélez planteó en su tesis, en la que especulaba con que la ciudad habría sido levantada desde La Giralda y que desde ese punto se hicieron la mayoría de las mediciones para su levantamiento. Pues bien, si esto fuera cierto se podría ver como el mapa presentaría menor deformación en los alrededores de La Giralda y conforme se retirara de ella, la deformación debería ser mayor.

Esta hipótesis, queda descartada en nuestro análisis al ver los resultados obtenidos con las isolíneas de escala, pues se puede observar que no sigue el patrón de deformación que debería tener según Algarín.

Como nuevo dato, cabe reseñar la posibilidad de que el levantamiento se hizo por separado, un levantamiento por cada hoja, de ahí que las deformaciones no sean las mismas en cada hoja, pudiendo además ver como en la hoja 1 se encuentra la mayor deformación, pudiendo deberse también a que fue la parte de la ciudad que se levantó en último lugar y con mayor rapidez, posiblemente para cumplir el plazo de entrega o también a que hubiera una trama urbana más irregular.

## **6.2 . Por cada hoja**

### **6.2.1 Hoja 1**

#### **6.2.1.1 Exactitud RMSE:**

El error cuadrático medio RMSE mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, en nuestro caso el error que existe entre la posición de los puntos del plano histórico con respecto al plano actual.

Los valores obtenidos por MapAnalist de la hoja 1:

- **Hoja 1:** Error de posición medio +38 m.

El valor obtenido por MapAnalist para la hoja 1, nos muestra que dicha hoja es la que presenta un mayor error entre el plano histórico y el actual. Esto quiere decir que existe un error medio de 38 m entre los puntos homólogos de los dos planos.

Demostramos con este dato, que fue la hoja que se levantó con menos exactitud de todo el mapa.

### 6.2.1.2 Escala promedio:

Veremos los datos analíticos que ofrece MapAnalyst (versión 1.3.26).

En nuestro caso, vamos a utilizar la transformación afín de 6 parámetros, como ya dijimos anteriormente.

- Escala horizontal: 1:2700
- Escala vertical: 1:2500

Los valores obtenidos de la hoja 1 nos indican que existe una deformación de la escala vertical (1:2500) con respecto a la horizontal (1:2700), que sería la escala del plano. Este dato nos indica que la hoja 1 se encuentra comprimida en el eje Y, produciéndose una deformación vertical. Estas deformaciones las podemos ver en el parcelario interior (Fig. 39), apreciándose un estiramiento vertical de las manzanas mayores.

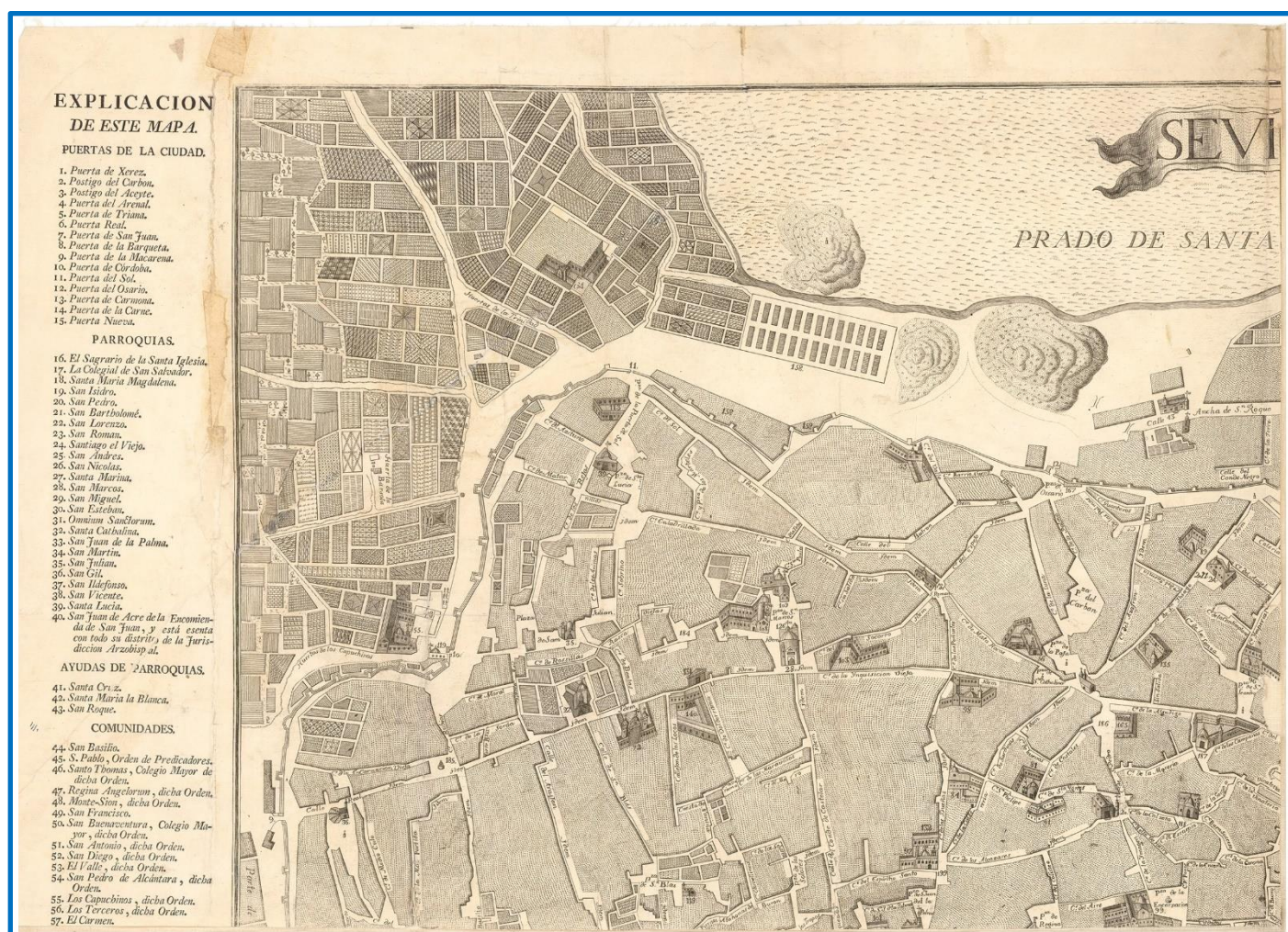


Fig. 39: Plano de Olavide Hoja 1.



### 6.2.1.3 Orientación:

Vamos a comprobar ahora la orientación de la hoja 1 con respecto a:

- **Nc**: Norte de la cuadrícula UTM-ETRS89, Sevilla (2008).
- **Ng**: Norte geográfico en Sevilla en el punto de referencia.
- **Nm**: Norte magnético para el año 1771.
- **R**: Norte rosa de los vientos plano de 1771.
- **N**: Orientación trama urbana del plano.

Coordenada punto de referencia en Sevilla (235749.76,4143344.59) UTM ETRS89/Huso 30.

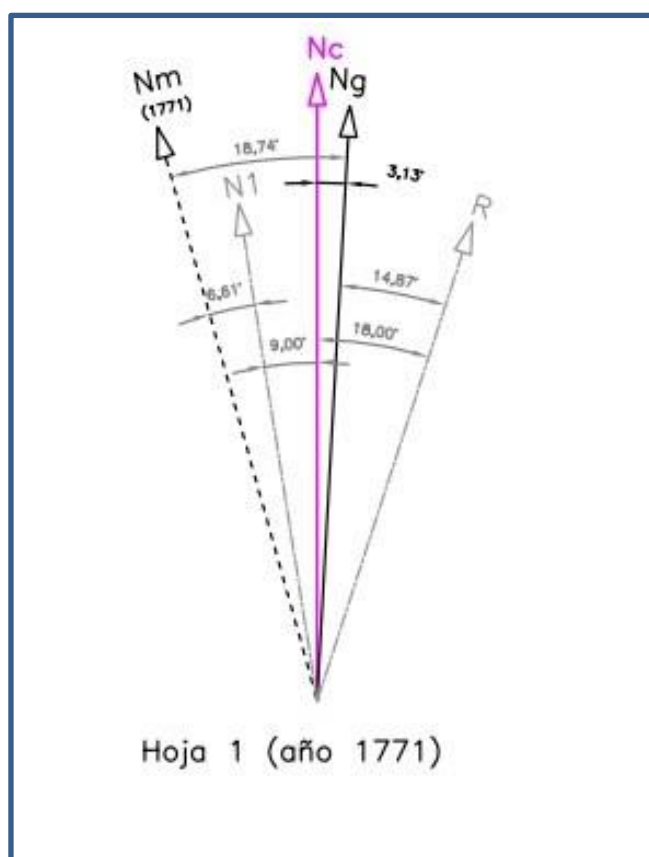


Fig. 40: Orientación Hoja 1. (Elaboración propia).

Se pueden observar (Fig. 40) los diferentes ángulos que forman entre sí los nortes con respecto a la hoja 1.

Con respecto a la orientación entre el N1 y el Nm, vemos una pequeña variación de  $6,61^\circ$ , un error bastante admisible, con lo que la hoja se encuentra por lo general orientada a este norte. Este nuevo dato obtenido en nuestro análisis, demuestra que se utilizaron aparatos de medición propios de la época para orientar correctamente la trama de la ciudad.

#### 6.2.1.4 Análisis de deformaciones locales:

1. Malla de distorsión más vectores.
2. Círculos de error.
3. Isolíneas de escala.

##### 1. Malla de distorsión más vectores.

Si analizamos la malla de distorsión sobre la hoja 1 (Fig. 41), podemos ver las zonas del mapa que se encuentran comprimidas (círculo azul) y las zonas en las que se encuentra estirado (círculo rojo), apreciándose en la zona central como las manzanas se ven alargadas, siendo esta zona la que presenta mayor deformación.

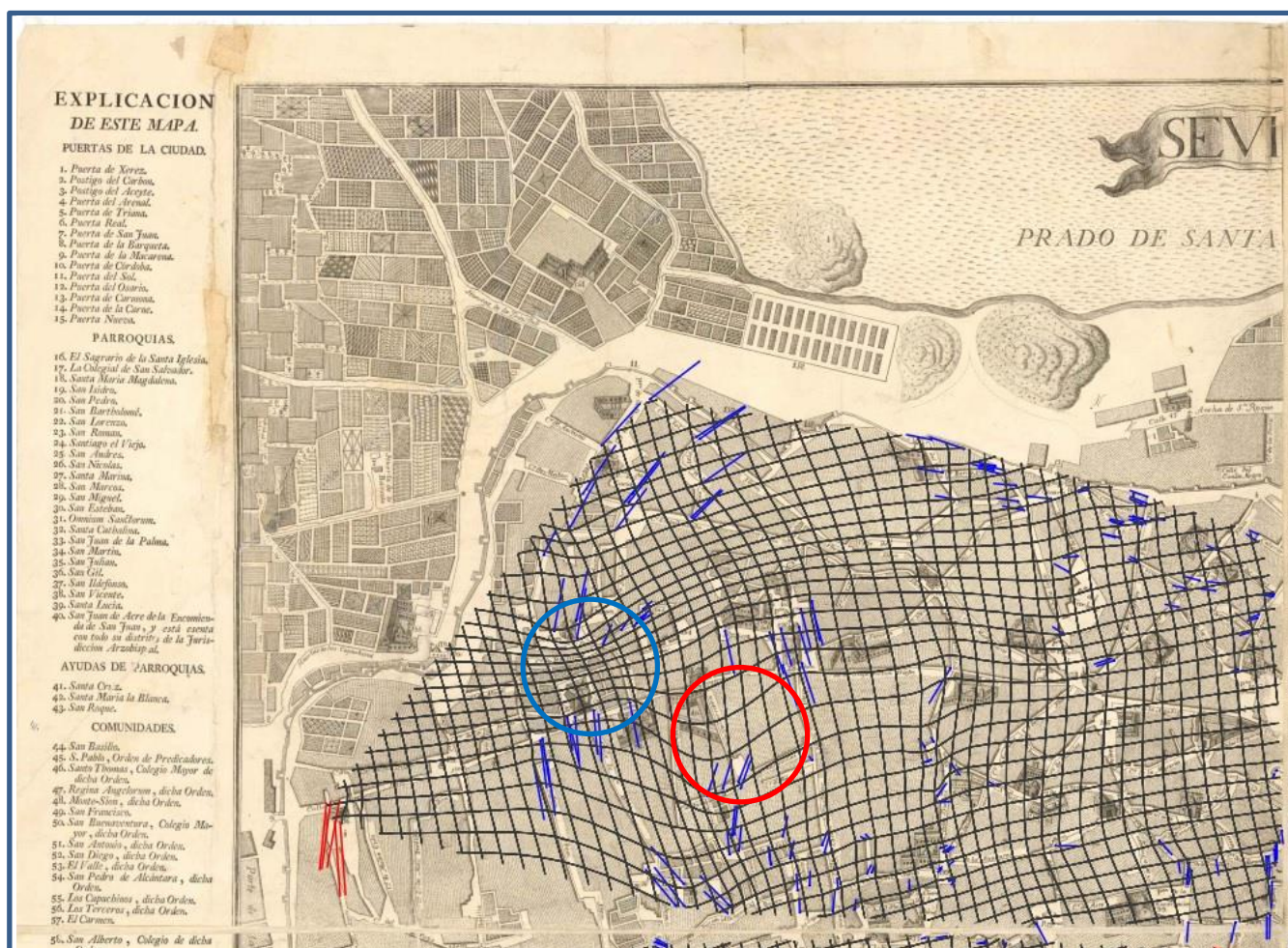


Fig. 41: Malla de distorsión hoja 1. (Elaboración propia).



## 2. Círculos de error.

La combinación entre los vectores de desplazamiento y los círculos de error, nos permite ver con mayor claridad donde se producen más errores, siendo los puntos con círculos mayores y de color rojo los que presentan más error (Fig. 42).

Como ya vimos en el apartado anterior, el parcelario de la zona central es el que contiene un mayor número de círculos rojos, por lo tanto, es la zona más deformada de esta hoja.

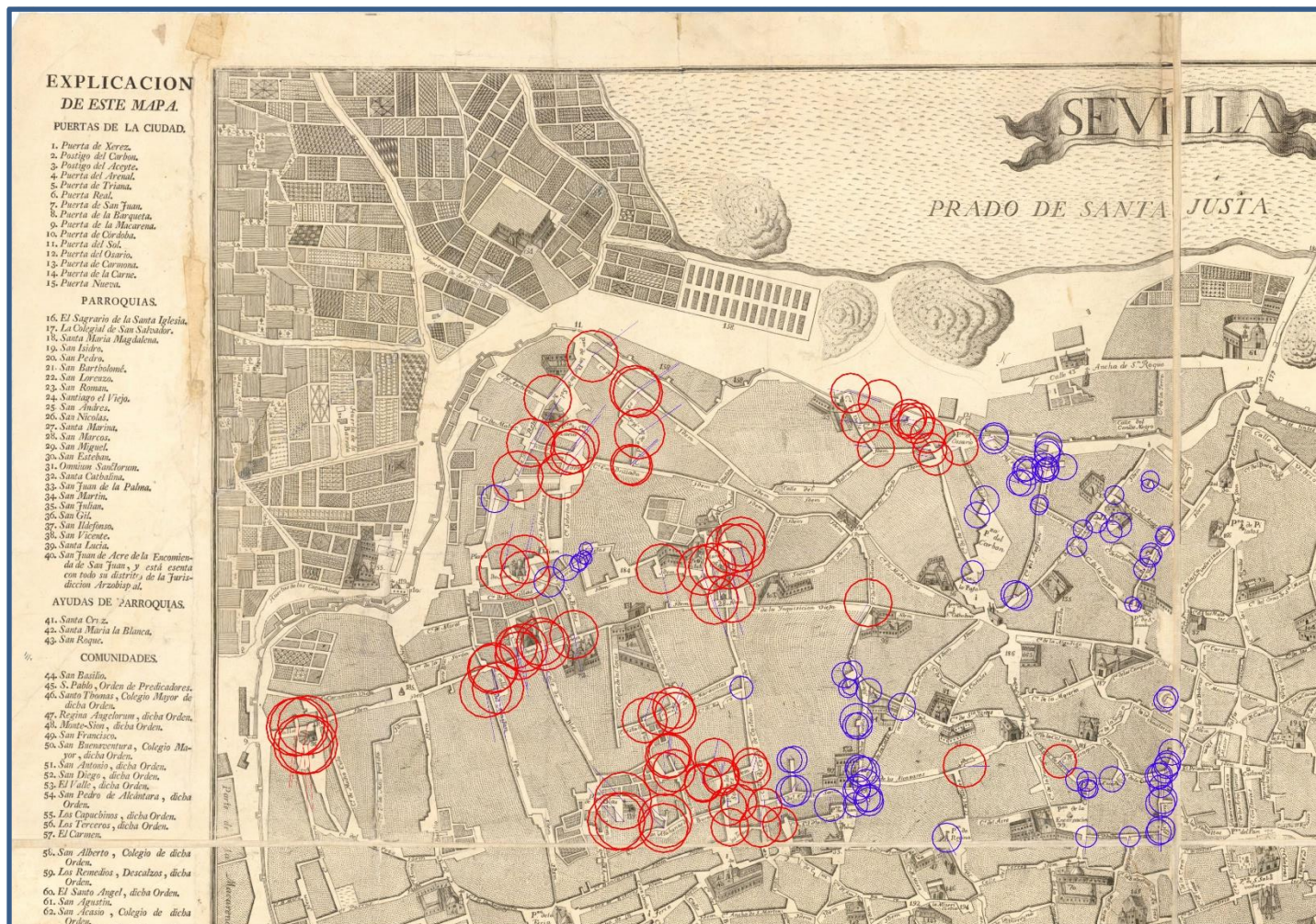


Fig. 42: Vectores y círculos de error. (Elaboración propia).



### 3. Isolíneas de escala.

Las isólinas de escala nos muestran también, las deformaciones existentes en esta hoja, mostrándonos según su escala las partes que se encuentran comprimidas y cuales estiradas.

Tomando como referencia las isólinas de escala 2700 m, podemos observar (Fig. 43) que las isólinas que se encuentran por debajo de ese valor son las zonas que se encuentran estiradas (líneas discontinuas), mientras que las isólinas que se encuentran por encima de ese valor son las zonas que se encuentran comprimidas.

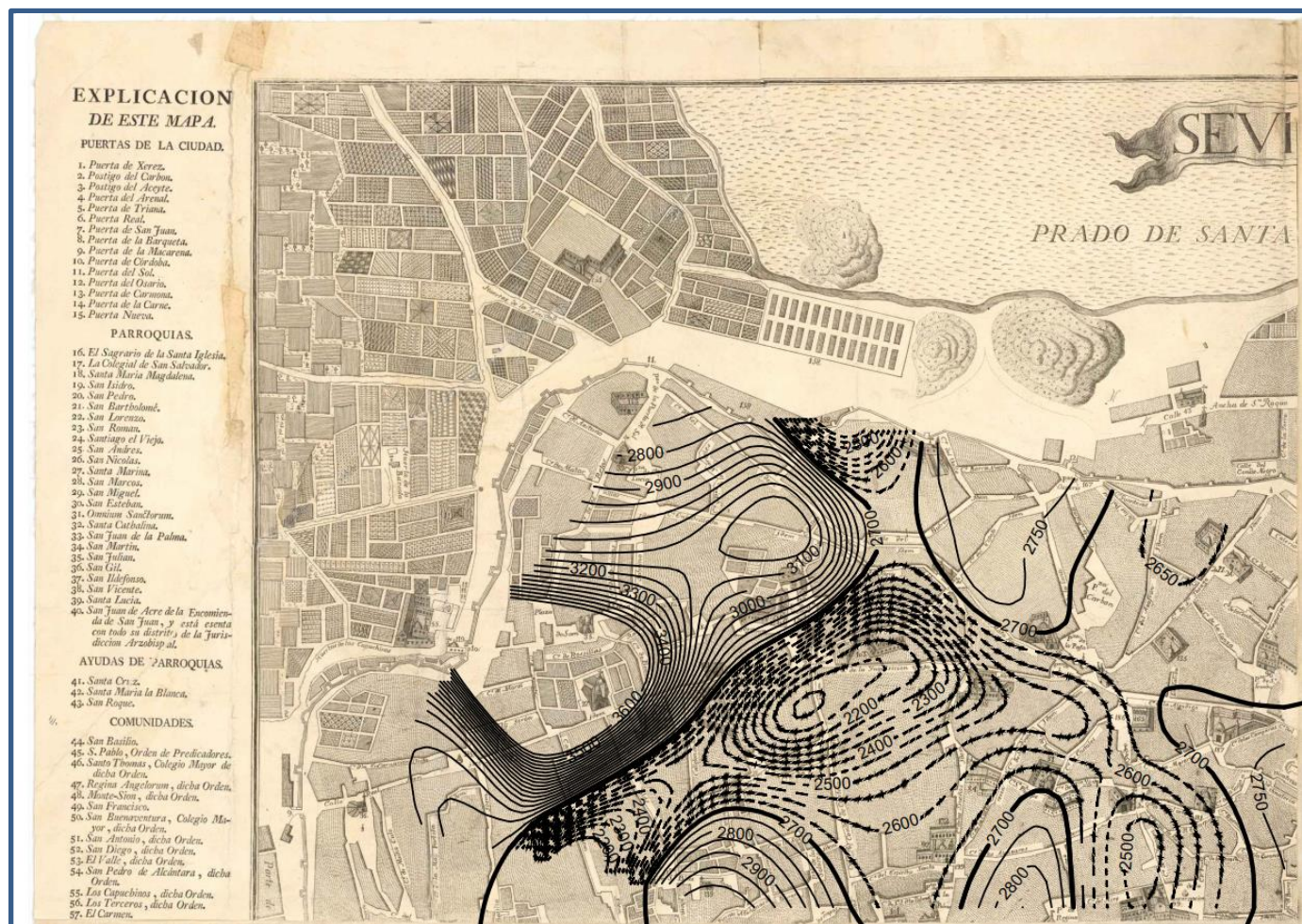


Fig. 43: Isólinas de escala Hoja 1. (Elaboración propia).

### 6.2.2 Hoja 2

#### 6.2.2.1 Exactitud RMSE:

El error cuadrático medio RMSE mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, en nuestro caso, el error que existe entre la posición de los puntos del plano histórico con respecto al plano actual.

Los valores obtenidos por MapAnalist de la hoja 2:

- **Hoja 2:** Error de posición medio +12 m.

El valor obtenido por MapAnalist para la hoja 2 nos muestra como en comparación con la anterior hoja, el error entre el plano histórico y el actual es menor. Esto quiere decir, que existe un error medio de 12 m entre los puntos homólogos de los dos planos.

En esta hoja, encontramos un error menor al de la hoja 1, por lo que tiene una mayor exactitud.



### 6.2.2.2 Escala promedio:

Veremos los datos analíticos que ofrece MapAnalyst (versión 1.3.26).

En nuestro caso, vamos a utilizar la transformación afín de 6 parámetros, como ya dijimos anteriormente.

- Escala horizontal: 1:2700
- Escala vertical: 1:2700

Analizando los valores de la hoja 2, vemos como la escala horizontal y vertical coinciden. Esto nos indica que esta hoja no cuenta con una deformación de la escala vertical con respecto a la horizontal, presentando una escala más homogénea.

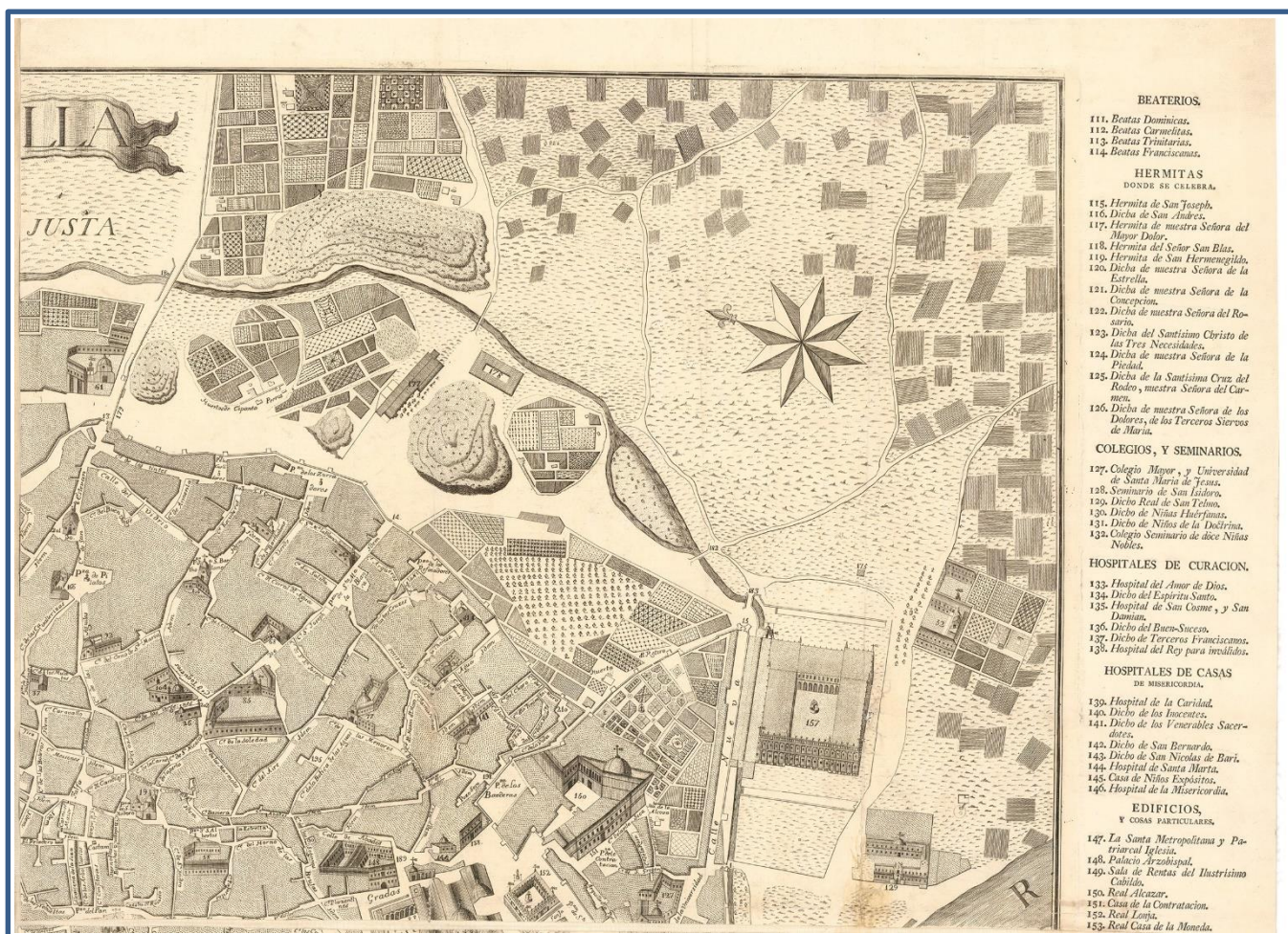


Fig. 44: Plano de Olavide Hoja 2.

### 6.2.2.3 Orientación:

Vamos a comprobar ahora la orientación de la hoja 1 con respecto a:

- **Nc**: Norte de la cuadrícula UTM-ETRS89, Sevilla (2008).
- **Ng**: Norte geográfico en Sevilla en el punto de referencia.
- **Nm**: Norte magnético para el año 1771.
- **R**: Norte rosa de los vientos plano de 1771.
- **N**: Orientación trama urbana del plano.

Coordenada punto de referencia en Sevilla (235749.76,4143344.59) UTM ETRS89/Huso 30.

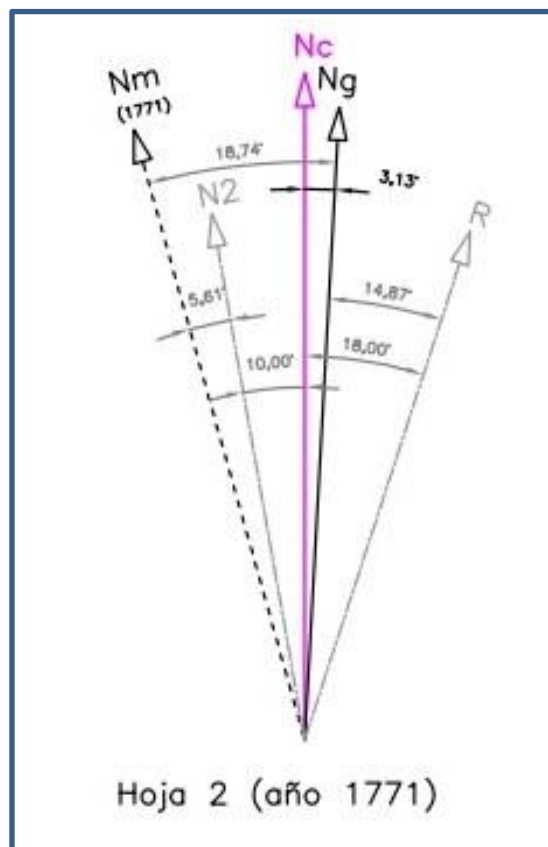


Fig. 45: Orientación Hoja 2. (Elaboración propia).

Se pueden observar (Fig. 45) los diferentes ángulos que forman entre sí los nortes con respecto a la hoja 2.

Con respecto a la orientación entre el N2 y el Nm, vemos una pequeña variación de  $5,61^\circ$ , con lo que la hoja se encuentra por lo general orientada a este norte. Ocurre exactamente lo mismo que con la hoja analizada anteriormente, con lo que podemos llegar a la misma conclusión y afirmar que orientaron correctamente la trama de la ciudad con respecto al norte magnético de la época.



#### 6.2.2.4 Análisis de deformaciones locales:

##### 1. Malla de distorsión.

Se puede observar, cómo la malla (Fig. 46) nos muestra las deformaciones presentes en la trama, viéndose zonas estiradas (círculo rojo) y zonas que se encuentran comprimidas (círculo azul).

Si comparamos esta malla con la de la hoja 1 (Fig. 41), podemos ver como su deformación es mucho menor, presentando una forma más homogénea.

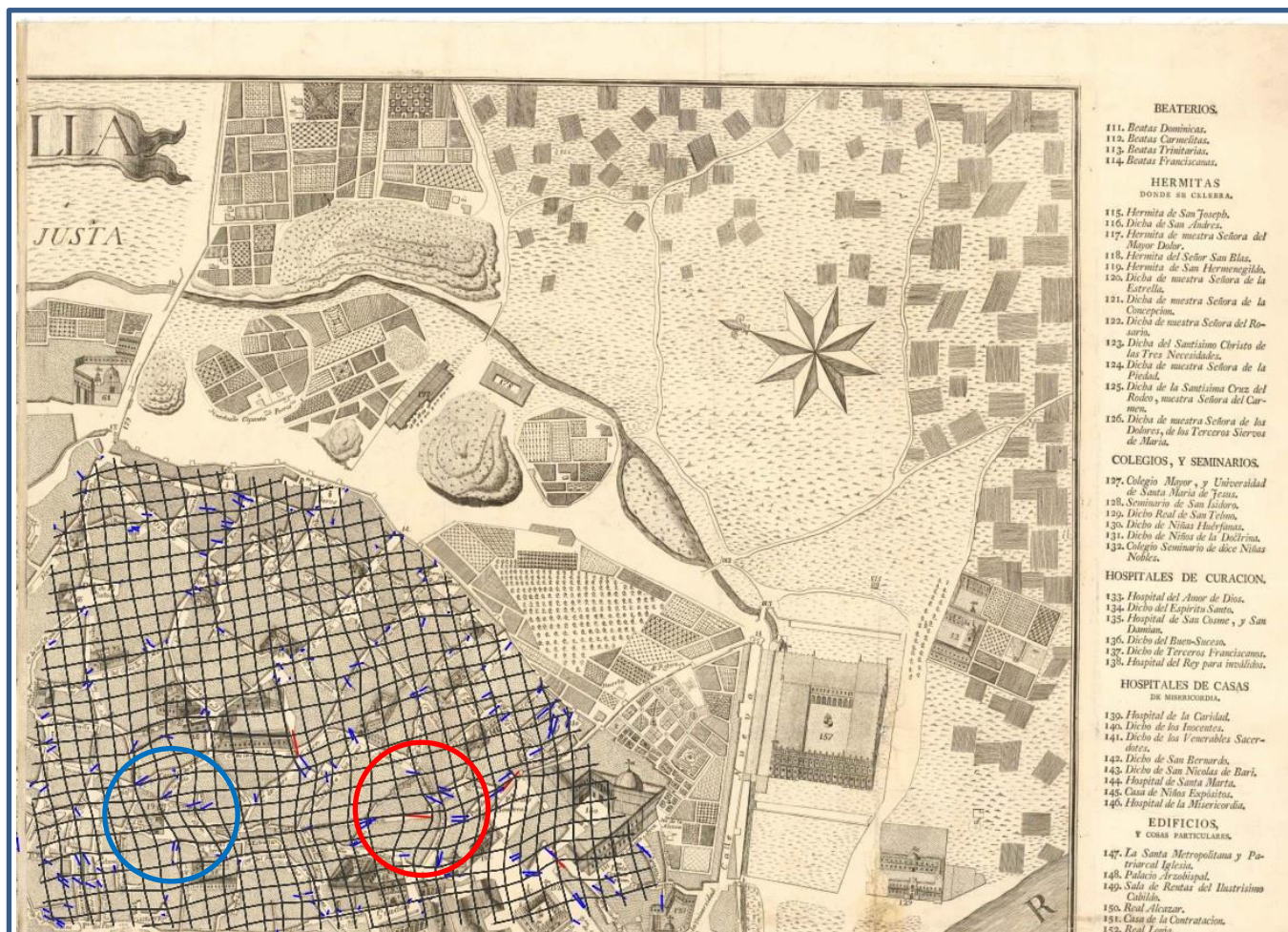


Fig. 46: Malla de distorsión hoja 2. (Elaboración propia).



## 2. Círculos de error.

Los círculos de error nos permiten ver con mayor claridad dónde se producen más errores, siendo los puntos con círculos mayores y de color rojo los que presentan más deformación (Fig. 47).

Además, podemos ver como el parcelario de la zona central es el que contiene un mayor número de círculos rojos, por lo tanto, es la zona más deformada de esta hoja.

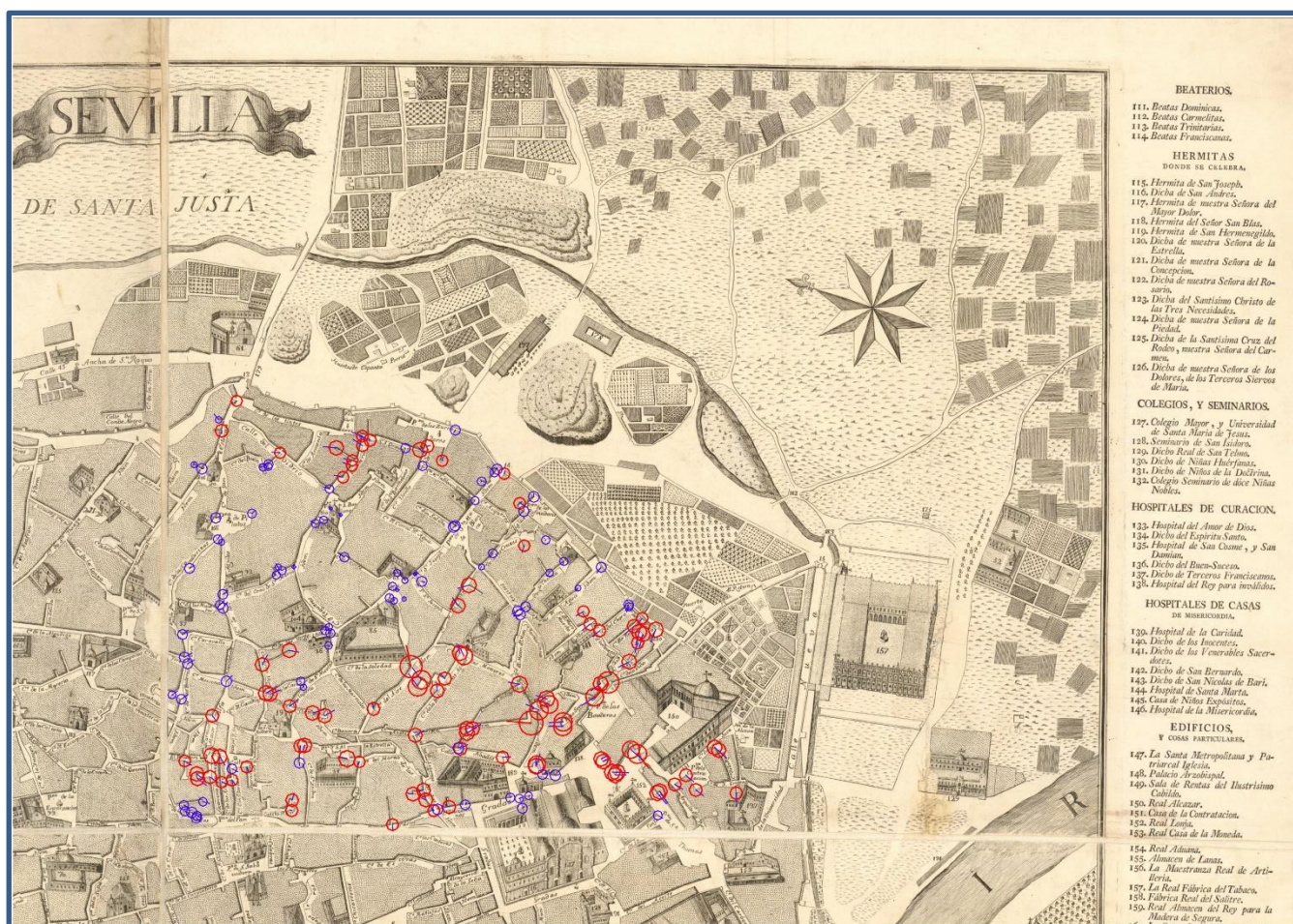


Fig. 47: Vectores y círculos de error hoja 2. (Elaboración propia).



### 3. Isolíneas de escala.

La información que nos dan las isolíneas de escala (Fig. 48), nos permite identificar las zonas del plano que se encuentran comprimidas y las que se encuentran estiradas, siendo las primeras representadas con trazo continuo (escala  $>2700$ ) y las segundas con trazo discontinuo (escala  $<2700$ ).

De nuevo, podemos ver como la parte central del plano se encuentra dilatada, mientras que en los bordes las isolíneas nos muestran compresión.

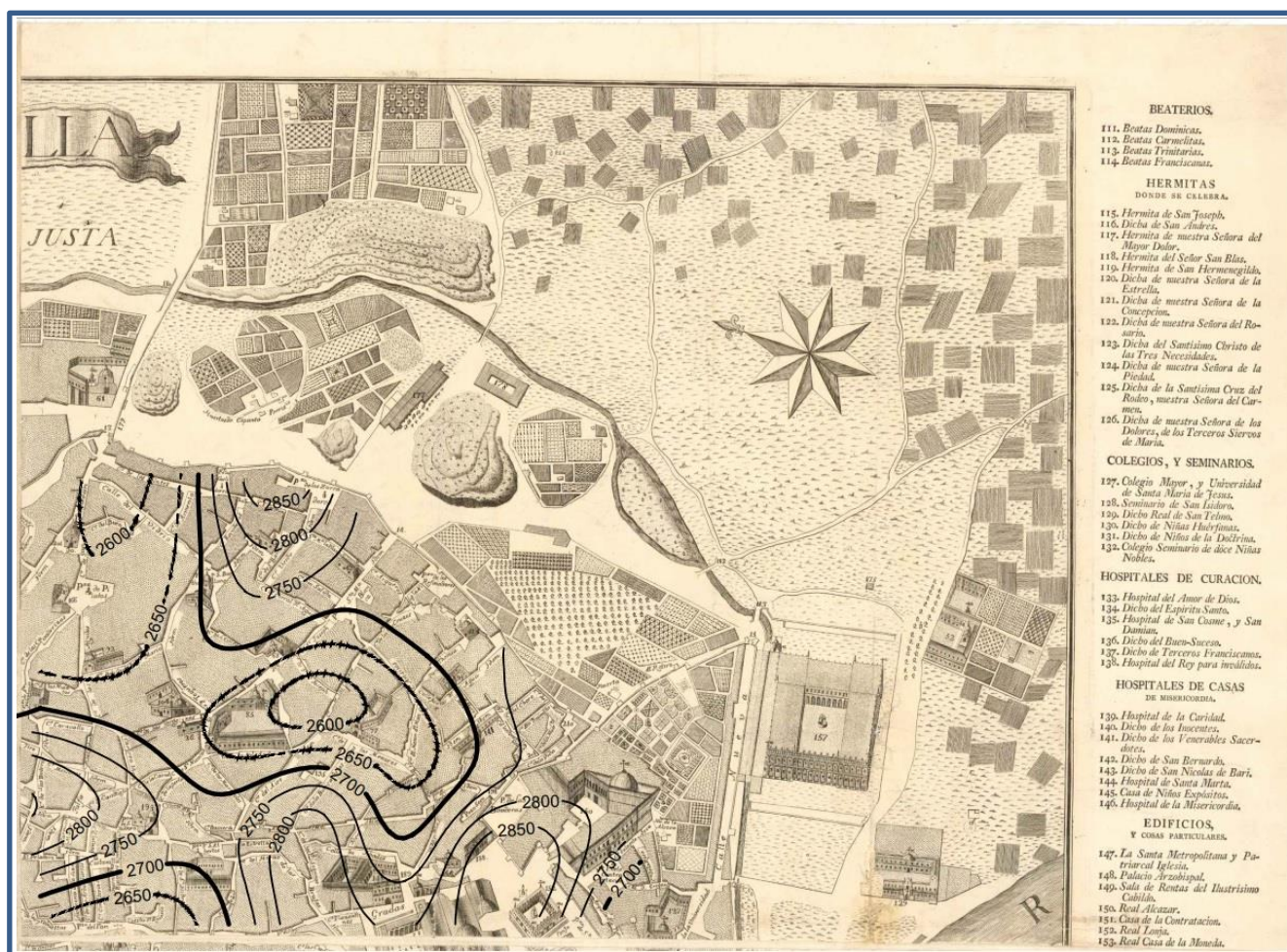


Fig. 48: Isolíneas de escala hoja 2. (Elaboración propia).



### 6.2.3. Hoja 3

#### 6.2.3.1 Exactitud RMSE:

El error cuadrático medio RMSE mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, en nuestro caso, el error que existe entre la posición de los puntos del plano histórico con respecto al plano actual.

Los valores obtenidos por MapAnalist de la hoja 3:

- **Hoja 3:** Error de posición medio +8 m.

El valor obtenido por MapAnalist para la hoja 3, nos muestra un error muy bajo, de 8 m. Este valor, nos indica que es la hoja con menos error de las 4, siendo la más exacta con el valor más bajo.

### 6.2.3.2 Escala promedio:

- Escala horizontal: 1:2700
- Escala vertical: 1:2700

Se puede ver cómo los valores de la hoja 3 (Fig. 49), la escala horizontal y vertical coinciden. Comparándola con las anteriores, sus escalas coinciden como en la hoja 2, por lo que su deformación es más baja con respecto a la hoja 1. Esta hoja, es la que menor deformación presenta de las cuatro que componen el plano, seguramente, debido a un parcelario mucho más regular.

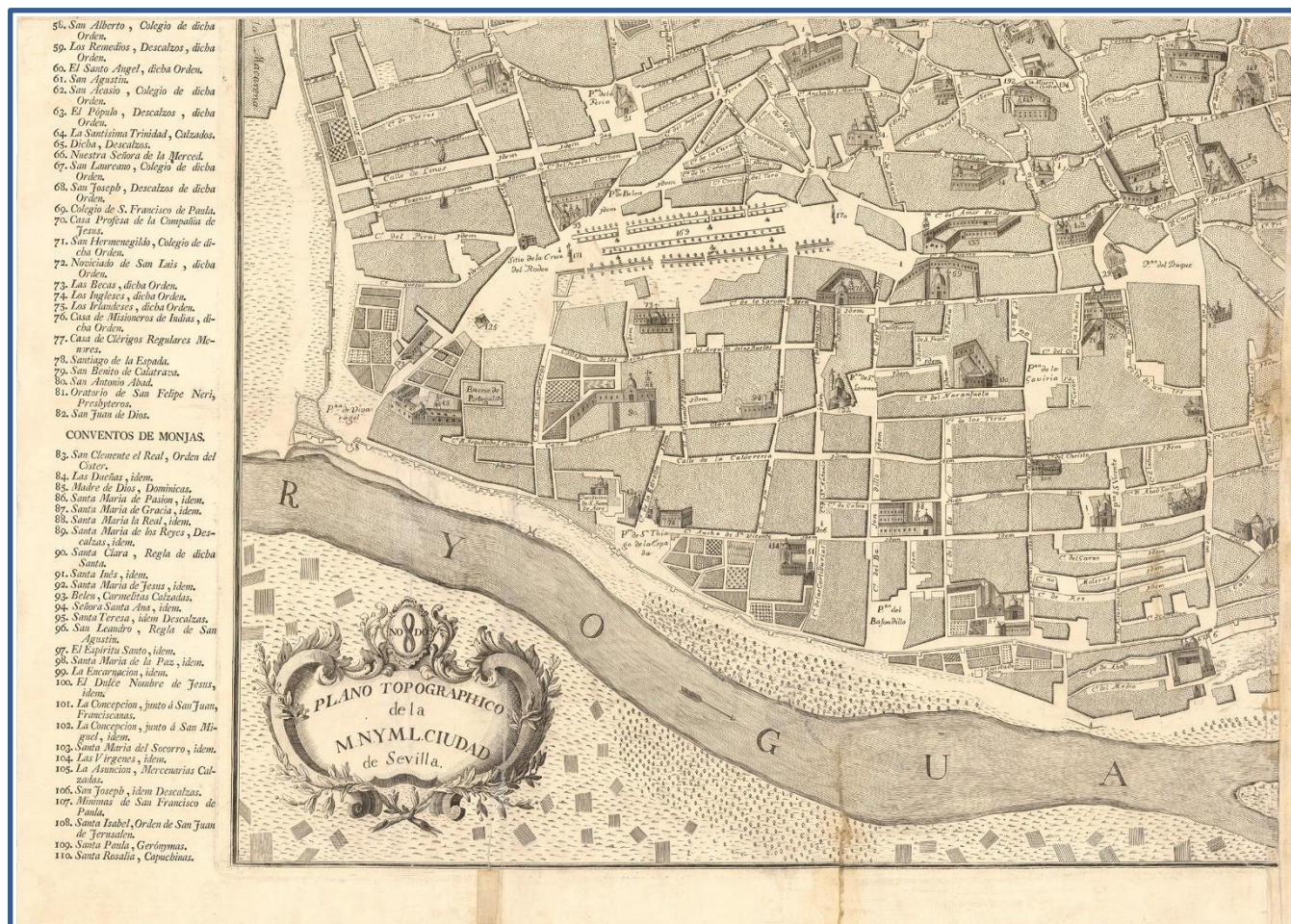


Fig. 49: Plano de Olavide hoja 3.

### 6.2.3.3 Orientación:

Vamos a comprobar ahora la orientación de la hoja 1 con respecto a:

- **Nc:** Norte de la cuadrícula UTM-ETRS89, Sevilla (2008).
- **Ng:** Norte geográfico en Sevilla en el punto de referencia.
- **Nm:** Norte magnético para el año 1771.
- **R:** Norte rosa de los vientos plano de 1771.
- **N:** Orientación trama urbana del plano.

Coordenada punto de referencia en Sevilla (235749.76,4143344.59) UTM ETRS89/Huso 30.

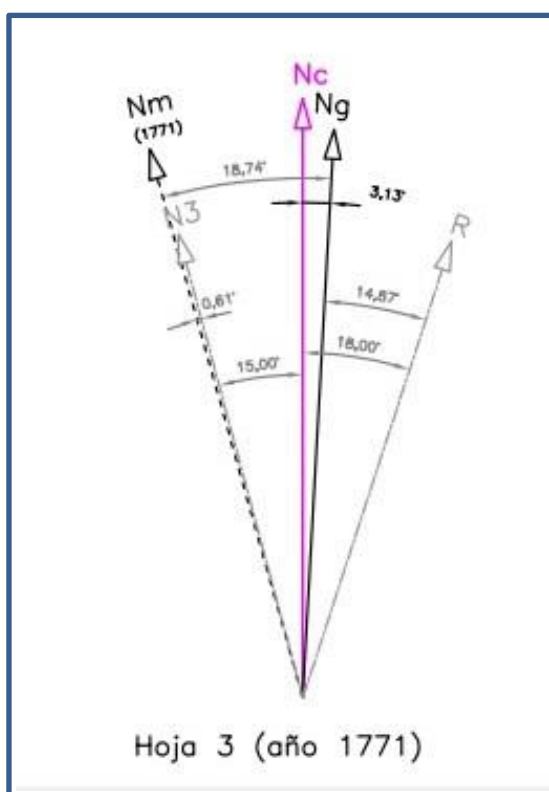


Fig. 50: Orientación Hoja 3. (Elaboración propia).



Se pueden observar (Fig. 50) los diferentes ángulos que forman entre sí los nortes con respecto a la hoja 3.

Con respecto a la orientación entre el N3 y el Nm, vemos que prácticamente coinciden, tan solo existe un  $0,61^\circ$  de variación, con lo que la hoja está perfectamente orientada a este norte.

### 6.2.3.4 Análisis de deformaciones locales:

#### 1. Malla de distorsión.

La malla de distorsión (Fig. 51), nos muestra las deformaciones en el parcelario de la hoja 3. Como ya hemos comentado en el apartado anterior, esta hoja presenta poca deformación, ya que la cuadrícula presenta una deformación más reducida que en las demás hojas. De este modo, se puede observar cómo esta hoja es la que se levantó con mayor exactitud.

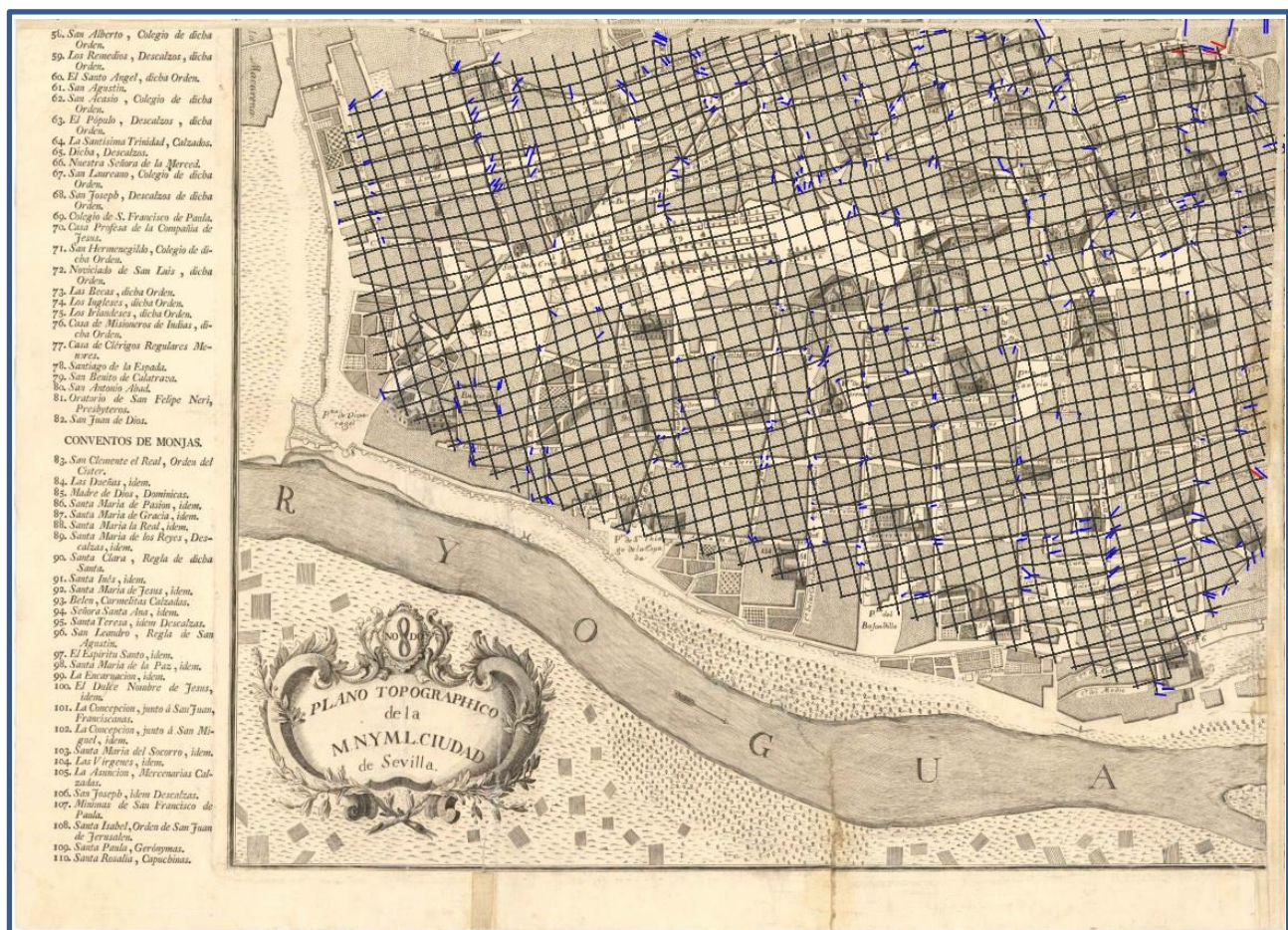


Fig. 51: Malla de distorsión hoja 3. (Elaboración propia).



## 2. Círculos de error.

Los círculos de error representados (Fig. 52), se pueden ver como son bastante reducidos en comparación a los vistos en las hojas anteriores, esto nos muestra, una vez más, la exactitud y la poca deformación que presenta esta hoja con respecto a las anteriores.

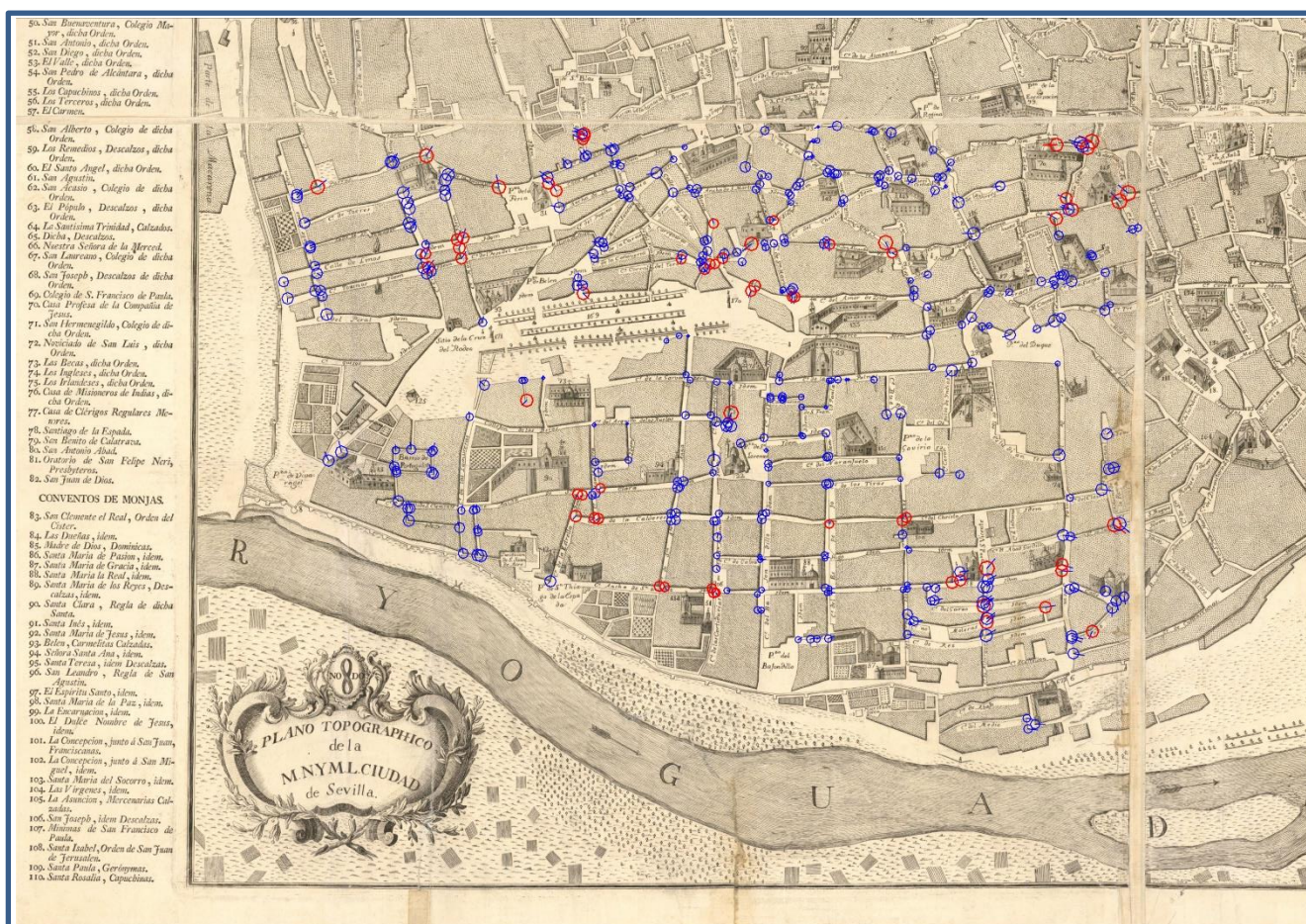


Fig. 52: Vectores y círculos de error hoja 3. (Elaboración propia).



### 3. Isolíneas de escala.

Como ya se dijo en el apartado primero, se puede ver como los valores de la hoja 3 (Fig. 53), la escala horizontal y vertical coinciden. Si analizamos las isolíneas de escala de dicha hoja, observamos como aparecen un número reducido en comparación a las demás hojas. Además, se encuentran separadas entre sí, lo que nos indica que la escala del plano es más regular y presenta menor deformación. Esta hoja, es la que menor deformación presenta de las cuatro que componen el plano.

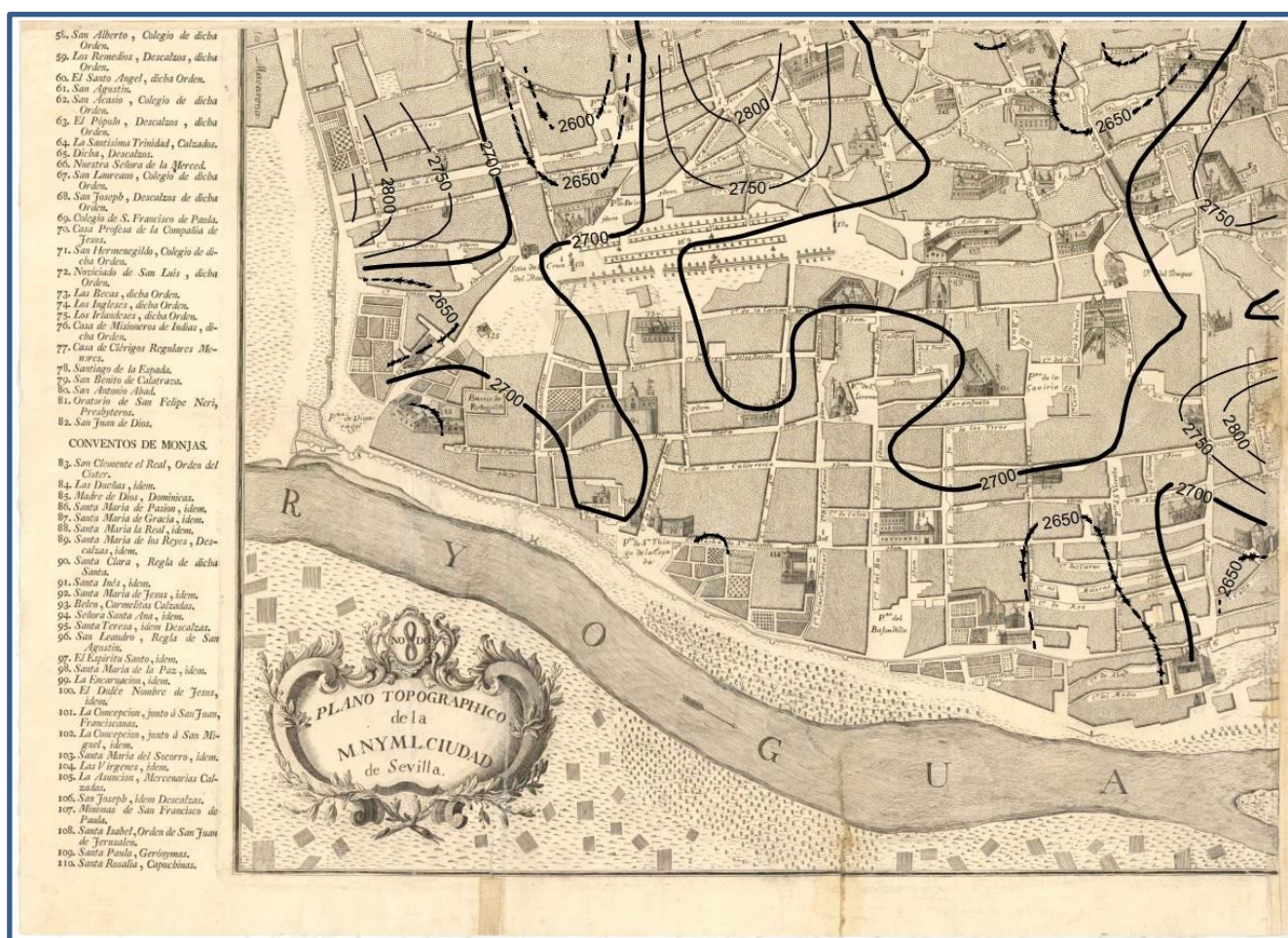


Fig. 53: Isolíneas de escala hoja 3. (Elaboración propia).

#### 6.2.4 Hoja 4

##### 6.2.4.1 Exactitud RMSE:

El error cuadrático medio RMSE mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, en nuestro caso, el error que existe entre la posición de los puntos del plano histórico con respecto al plano actual.

Los valores obtenidos por MapAnalist de la hoja 4:

- **Hoja 4:** Error de posición medio +23 m.

El valor obtenido por MapAnalist para la hoja 4, nos muestra un error mayor a las dos hojas anteriores, de 23m. Es el segundo valor más alto después de la hoja 1, por lo que esta hoja es la menos exacta y con mayor error después de la primera.



#### 6.2.4.2 Escala promedio:

- Escala horizontal: 1:2800
- Escala vertical: 1:2800

La escala promedio horizontal y vertical de la cuarta hoja (1:2800), nos indica que se encuentra comprimida con respecto a las otras tres. Mostrando, además, valores por encima de dicha escala. De hecho, toda la parte central se encuentra comprimida, mostrando solo en el borde superior una pequeña parte dilatada (Fig. 54).



Fig. 54: Plano de Olavide hoja 4. (Elaboración propia).



#### 6.2.4.3 Orientación:

Vamos a comprobar ahora la orientación de la hoja 1 con respecto a:

- **Nc:** Norte de la cuadrícula UTM-ETRS89, Sevilla (2008).
- **Ng:** Norte geográfico en Sevilla en el punto de referencia.
- **Nm:** Norte magnético para el año 1771.
- **R:** Norte rosa de los vientos plano de 1771.
- **N:** Orientación trama urbana del plano.

Coordenada punto de referencia en Sevilla (235749.76,4143344.59) UTM ETRS89/Huso 30.

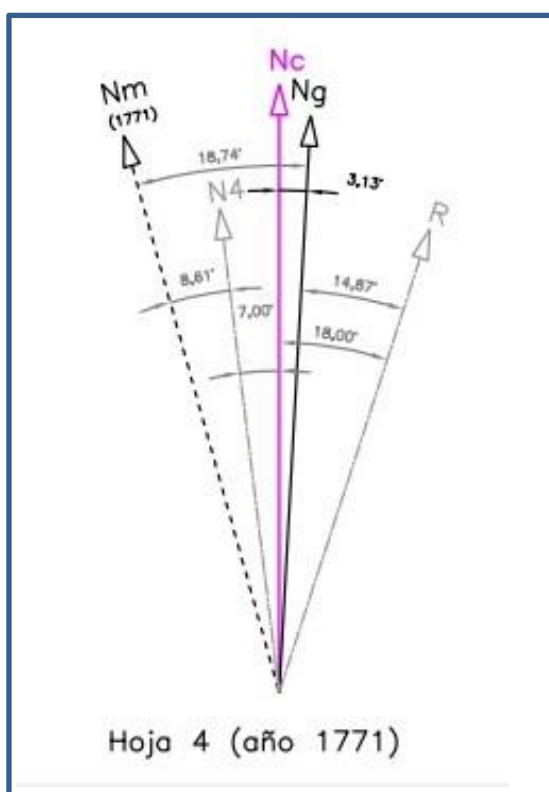


Fig. 55: Orientación Hoja 3. (Elaboración propia).

Se pueden observar (Fig. 55) los diferentes ángulos que forman entre sí los nortes con respecto a la hoja 4.

Con respecto a la orientación entre el N4 y el Nm, se puede ver cómo es la hoja con una desviación mayor de las 4, con  $8,61^\circ$ . Sin embargo, es un valor muy bajo y aceptable teniendo en cuenta los aparatos de medición de la época, por lo que, por lo general, se encuentra bien orientada con respecto a este norte.

#### 6.2.4.4 Análisis de deformaciones locales:

##### 1. Malla de distorsión.

Esta malla (Fig. 56), muestra con claridad zonas comprimidas de la hoja (círculo azul) y las que se encuentran dilatadas (círculo rojo), como ya se ha visto en el apartado anterior.

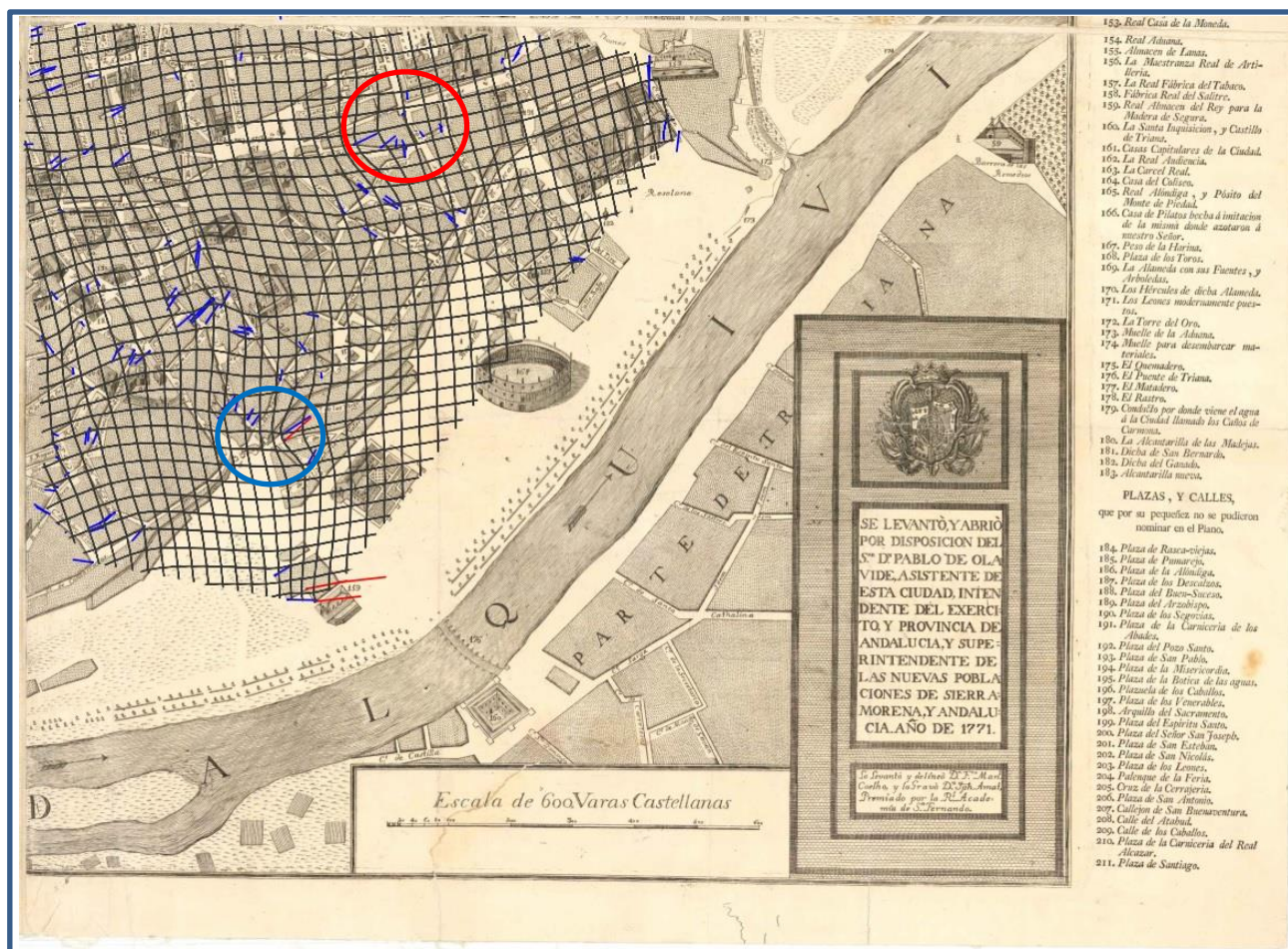


Fig. 56: Malla de distorsión hoja 4. (Elaboración propia).



## 2. Círculos de error.

Los círculos de errores mayores se encuentran en la parte central de la hoja, la cual se encuentra más comprimida. Esto pudo deberse nuevamente, a que el parcelario presenta una trama irregular.

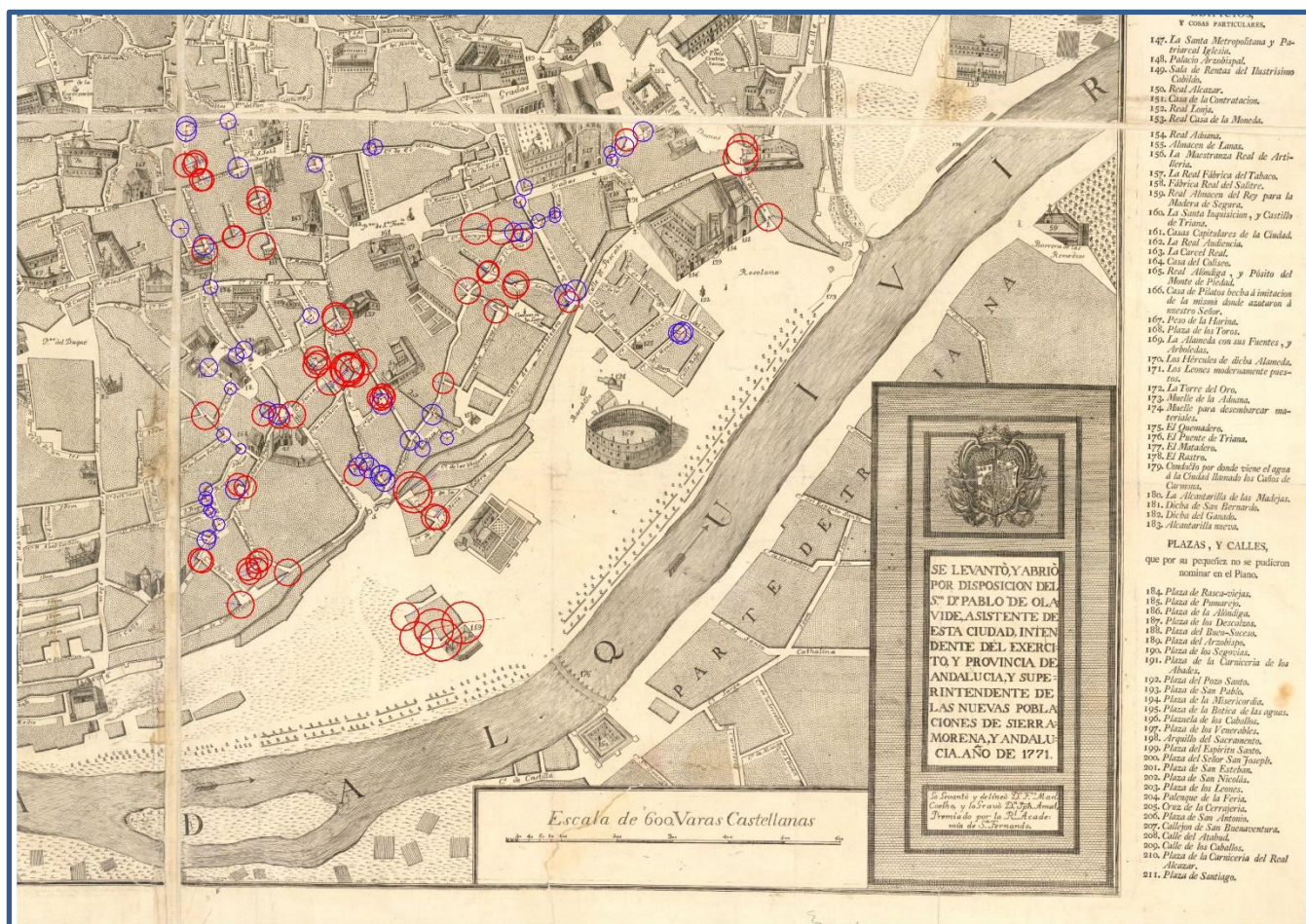


Fig. 57: Vectores y círculos de error hoja 4. (Elaboración propia).



### 3. Isolíneas de escala.

Como ya vimos en el primer apartado, la escala promedio horizontal y vertical de la cuarta hoja (1:2800), nos indica que se encuentra comprimida con respecto a las otras tres. Mostrando, además, valores por encima de dicha escala. De hecho, toda la parte central se encuentra comprimida, mostrando solo en el borde superior una pequeña parte estirada (Fig. 58).



Fig. 58: Isolíneas de escala hoja 4. (Elaboración propia).

### **6.3 . *Análisis global***

Una vez vistos y analizados todos los resultados obtenidos de forma general y por cada una de las 4 hojas que forman el plano, vamos a recopilar y analizar de forma global, todo lo expuesto anteriormente, para intentar comprender de la mejor forma posible los resultados obtenidos en todo este largo proceso de análisis del plano de Olavide.

El objetivo de esta última visión global es poder llegar a una serie de conclusiones que nos ayuden a comprender aún mejor este documento.

Para ello, vamos a ver en su conjunto (Anexo, Fig. 59) los parámetros anteriormente analizados para cada una de las 4 hojas que son: Malla de distorsión, círculos de error e isolíneas de escala.

Con esta vista global del plano (Anexo, Fig. 59), hemos podido comprobar cómo las isolíneas de escala 2700, las cuales coinciden con la escala del plano, siguen una línea continua a lo largo de las 4 hojas, de tal forma que pasa por las principales plazas de la ciudad. La más significativa pasa por: La Alameda, Plaza de San Lorenzo, Plaza de la Gaviria, Plaza del Duque, Plaza de la Encarnación, Plaza de la Alóndiga, Plaza de San Isidoro, el Real Alcázar y la Plaza de Santa M<sup>a</sup> Blanca, recorriendo prácticamente toda la ciudad. Este dato es importante ya que es por esas zonas por las que le resultaría más fácil comenzar a medir y a levantar el plano y a partir de esos puntos continuar con el levantamiento del parcelario.

Este dato, es muy relevante y encaja muy bien en la forma en la que se distribuyen los errores en el plano, siendo la parte con zonas más abiertas y con un parcelario más regular la que presenta menos errores, como puede ser la parte suroeste del casco antiguo, donde se ve el parcelario más regular y la que presenta el espacio abierto más importante como el de La Alameda.

Lo contrario, sucede en la parte noroeste del plano, donde las plazas son escasas y el parcelario presenta una geometría muy irregular. Debido a esto, el error cometido fué de una mayor importancia, observándose en el plano una gran cantidad de círculos de error y en la parte central de toda esta zona, que correspondería a la zona de San Marcos, se produce un estiramiento en las parcelas, debido a dicha irregularidad en estas.



Siguiendo con este mismo razonamiento, si aislamos las zonas que separan las diferentes isolíneas de escala 2700, podemos observar claramente las zonas que se encuentran comprimidas y las zonas que se encuentran dilatadas (Anexo, Fig. 60).

De este modo se ven claramente las zonas con isolíneas de escala menor, representadas con rayado magenta, se encuentran dilatadas, mientras que todas las zonas comprimidas, que son las que presentan unas isolíneas de escala mayor, se representan con punteado azul.

Con esta forma tan gráfica, podemos identificar claramente cómo se distribuyen las deformaciones a lo largo de todo el plano histórico y refuerza todos los análisis realizados con los diferentes parámetros que ha facilitado la herramienta de MapAnalyst.

## 7. Conclusiones

### 7.1 Conclusiones de nuestro análisis

- i. Con respecto a la exactitud RMSE, la cual mide la cantidad de error que hay entre dos conjuntos de datos, en nuestro caso el error entre la posición de los puntos del plano histórico con respecto al plano actual, nos encontramos en nuestro análisis que es diferente para cada una de las cuatro hojas que dividen el plano, esto pudo deberse a la dificultad que encontraron a la hora del levantamiento debido a la geometría de las parcelas, siendo el error mayor en los cuadrantes de parcelas más irregulares, observando de esta forma que las hojas 1 y 4 (hojas con parcelario más irregular) son las que presentan un mayor error y las hojas 2 y 3 (hojas con parcelario más regular) las que presentan un error mucho menor. Por lo que podemos deducir que la hoja 2 y la hoja 3 se levantaron con mayor precisión, siendo la hoja 3 la que tiene la trama más regular, mientras que la hoja 1 y la hoja 4 se hizo un levantamiento menos preciso, siendo la hoja 4 la que presenta trama más irregular.
- ii. La escala de cada una de las cuatro hojas, son: Hoja 1 escala promedio 1:2700, hoja 2 escala promedio 1:2700, hoja 3 escala promedio 1:2700 y hoja 4 escala 1:2800. De este modo, el plano en general según los datos obtenidos presenta una escala uniforme de 1:2.700, que coincide con la escala representada en el plano, *600varas/8 pulgadas*, o lo que es lo mismo, *75varas/pulgada*. Esto nos demuestra, que la escala gráfica del plano es correcta y el mapa se encuentra bien escalado.
- iii. La orientación general del mapa:
  - a. Rosa de los vientos: Cada una de las 4 hojas del plano histórico presenta una desviación comprendida entre 25° y 33° respecto a la orientación de la rosa, esto nos indica que no se encuentra orientada con respecto a las hojas, lo que nos lleva la conclusión que su representación en el plano es meramente decorativa.
  - b. La orientación de la trama urbana con respecto al norte magnético, según valores de la declinación magnética para Sevilla en 1771, obtenemos unos valores de desviación con respecto al norte de la cuadrícula mínimos, de entre 0,61° a 8,61°, unos valores muy aceptables, por lo que podemos afirmar que la trama urbana del plano de 1771 se encuentra orientada al norte magnético de la época, dato que hasta ahora no se conocía.

iv. Deformaciones locales.

En este punto podemos observar que, teniendo una visión global de las deformaciones, una vez habiendo analizado cada una de las 4 partes del plano por separado y después poniéndolas juntas para ver los resultados en su conjunto, probablemente el levantamiento de éste debió realizarse siguiendo las isolíneas de igual escala (escala del plano 1:2700), las cuales pasan por la mayoría de las plazas del casco histórico, o al menos por las más importantes, como pueden ser: La Alameda, Plaza de San Lorenzo, Plaza de la Gaviria, Plaza del Duque, Plaza de la Encarnación, Plaza de la Alóndiga, Plaza de San Isidoro, el Real Alcázar y la Plaza de Santa M<sup>a</sup> Blanca, etc. De este modo, el levantamiento se apoyaría sobre una red de triangulación cuyos vértices se habrían tomado sobre las plazas anteriormente nombradas. Esta práctica, también se ha constatado en el levantamiento de algunos planos de Sevilla del siglo XIX (PFG Lili Segura).

De este modo, podemos concluir que el plano se levantó siguiendo una ruta por las principales plazas de la ciudad, suponemos, por tanto, que las deformaciones se producen una vez que nos vamos alejando de esta línea que sigue el camino de las plazas, línea que coincide con las isolíneas de escala que a su vez coinciden con la escala del plano. Podemos afirmar, a falta de realizar unos estudios en mayor profundidad, que los indicios que hemos observado, apuntan en esa dirección.



### 7.1 Comparación con las conclusiones de Algarín Vélez. (Algarín Vélez, 2000, p. 166-170)

- i. Según Algarín, la ciudad se empezó a levantar desde la Giralda, por ser el punto más alto de la ciudad, fijando puntos significativos para facilitar el trazado de la muralla y el interior, estableciendo además una serie de mediciones de ángulos, según técnicas propias de la época.

Esta teoría no la apoyamos, ya que, si fuera así, las deformaciones deberían ser menores en ese punto e ir aumentando conforme nos alejásemos de ella. Pero nuestros resultados, arrojan unos datos diferentes a esta afirmación, estando las deformaciones y errores distribuidos de forma diferente. Estos se encuentran distribuidos de tal forma, que la menor deformación sigue las líneas de escala igual al plano, las cuales coinciden con las principales plazas de la ciudad.

- ii. Algarín decía también, que el levantamiento se comenzó por la parte suroeste de la ciudad, afirmación que podemos corroborar, siendo esa parte de la ciudad la que presenta una menor deformación viendo los resultados que hemos obtenido.

- iii. Atendiendo a la escala del plano, Algarín demuestra que es relativamente exacta, tomando una distancia importante, la existente desde el ángulo NE de la catedral al punto más alejado de la muralla, siendo este el vértice más septentrional de los refuerzos que presenta en Viva-Ragel, obteniendo una distancia de 1918,85 m, que comparado con el plano actual que es de 1924,77 m, supone una variación del 0,307509% que considera como muy aceptable. Además, hace también un escalado a una gran distancia conocida, midiendo la distancia entre los dos puntos más alejados de la muralla, la puerta Nueva y Viva-Ragel, observando que en el plano actual dicha distancia es de 2559,42 m, mientras que en plano de Olavide escalado con su escala gráfica mide 2490,28 m, con lo que concluye que la escala gráfica del plano de Olavide se ha dibujado con bastante precisión como ya dijo anteriormente.

En nuestro caso, nosotros aportamos un nuevo dato. Si comparamos la escala del plano que es de 600varas/8pulgada, o lo que es lo mismo, 75varas/pulgada, esto equivale a una escala de 1:2.700 que es la que nos muestran nuestros resultados.

- iv. Algarín expone que la rosa de los vientos es un elemento meramente decorativo y no un icono que define el norte con respecto a la planta de la ciudad. A esta conclusión, llega argumentando que el error se pudo deber a medir con una brújula desde la Giralda, ya que su núcleo se encuentra sometido a un campo magnético debido a las tormentas eléctricas, produciendo alteraciones en dicho instrumento de medida.

Esta conclusión, es la misma a la que hemos llegado nosotros, aunque nuestros argumentos para llegar a dicha afirmación son diferentes, ya que nos hemos apoyado en datos analíticos y no en suposiciones, aportando de este modo los valores del norte magnético en 1771, no siendo estos valores coincidentes con la orientación dibujada en la planta de la ciudad.

Además, nosotros aportamos nueva información en este sentido, ya que, aunque la rosa de los vientos no indica el norte magnético, el norte de la cuadrícula de la ciudad sí se encuentra orientada al norte magnético de 1771, con un error aceptable.

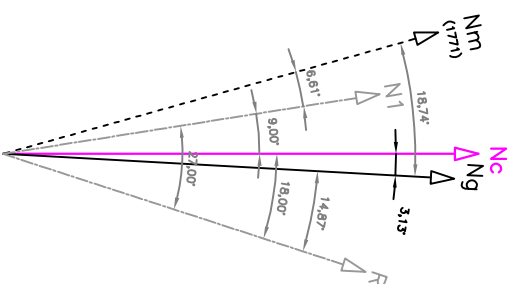
## 8. Bibliografía

- ❖ *CENTRO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO*. Copia digital E:1:1 SEVILLA nº 407.
- ❖ *AGUILAR CAMACHO, JOAQUÍN (2017)*. Aproximación a la técnica cartográfica en la ilustración a través de las plantas urbanas de Cádiz. Universidad de Sevilla.
- ❖ *ALGARÍN – VÉLEZ, IGNACIO (2000)* Método de transcripción y restitución planimétrica. Su aplicación al estudio de Sevilla de 1771 mandado levantar por disposición del Señor Don Pablo de Olavide, asistente de esta ciudad. Universidad de Sevilla.
- ❖ *ORTEGA VIDAL, JAVIER (2000)*. Los planos históricos de Madrid y su fiabilidad topográfica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- ❖ *GRANADO CASTRO, GABRIEL (2012)*. El Cádiz de la ilustración. Técnica cartográfica y sociedad a través del bajo relieve de Alfonso Ximénez. Universidad de Sevilla. Tesis doctoral.
- ❖ *PIMENTEL CINTRA (2010)*. Primer plano topográfico de la ciudad de Sao Paulo, obra del coronel Rufino José Filizardo e Costa, levantado entre 1807-1810.
- ❖ *BITELLI Y GATTA (2012)*. Georeferencing of an XVIII century technical map of Bologna (Italy).
- ❖ *JENNY, B. AND HURNI, L. AÑO (2011)*. Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions. Computers & Graphics, Zúrich, Suiza.
- ❖ <https://geografiadesevilla.wordpress.com>
- ❖ <http://mapanalyst.org/>
- ❖ <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>

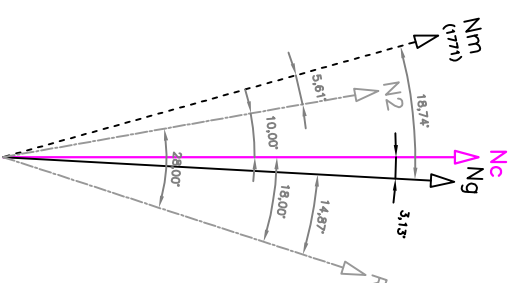
## 9. Anexos



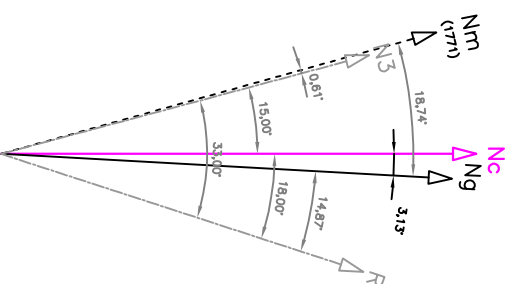




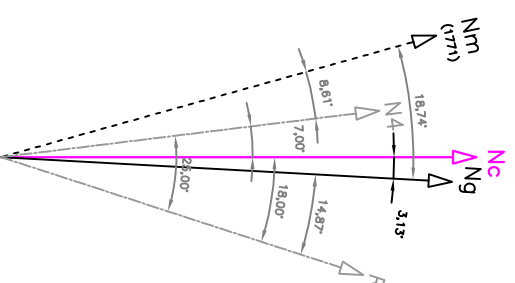
Hoja 1 (año 1771)



Hoja 2 (año 1771)



Hoja 3 (año 1771)



Hoja 4 (año 1771)

#### LEYENDA DE NORTES

Nc: cuadrícula UTM-ETRS89, Sevilla (2008).  
 Ng: geográfico en Sevilla en punto de referencia.  
 Nm: magnético para el año 1771.  
 R: norte rosa de los vientos plano de 1771.  
 N: orientación trama urbana del plano.

Coordenadas punto de referencia en Sevilla  
 (235749,76 4143344.59) UTM ETRS89/Huso 30.



# EXPLICACION DE ESTE MAPA.

## PUERTAS DE LA CIUDAD.

1. Puerta de Xerez.
2. Puerta del Carbon.
3. Puerta del Aceite.
4. Puerta del Alcazar.
5. Puerta de Triana.
6. Puerta Real.
7. Puerta de San Juan.
8. Puerta de la Barqueta.
9. Puerta de la Macarena.
10. Puerta de Cordoba.
11. Puerta del Sol.
12. Puerta del Ovario.
13. Puerta de Carmona.
14. Puerta de la Curia.
15. Puerta Nueva.

## PARROQUIAS.

16. El Sagrario de la Santa Iglesia.
17. La Colegiata de San Salvador.
18. Santa Maria Magdalena.
19. San Isidro.
20. San Pedro.
21. San Bartolomé.
22. San Lorenzo.
23. San Roman.
24. Santiago el Viejo.
25. San Andres.
26. San Nicolas.
27. Santa Marina.
28. San Marcos.
29. San Miguel.
30. San Esteban.
31. Omnium Sanctorum.
32. Santa Catalina.
33. San Juan de la Palma.
34. San Martin.
35. San Julian.
36. San Gil.
37. San Ildefonso.
38. San Vicente.
39. Santa Lucia.
40. San Juan de Acre de la Encarnación de San Juan, y está exenta con todo su distrito de la Jurisdicción Arzobispal.

## AYUDAS DE PARROQUIAS.

41. Santa Cruz.
42. Santa Maria la Blanca.
43. San Roque.

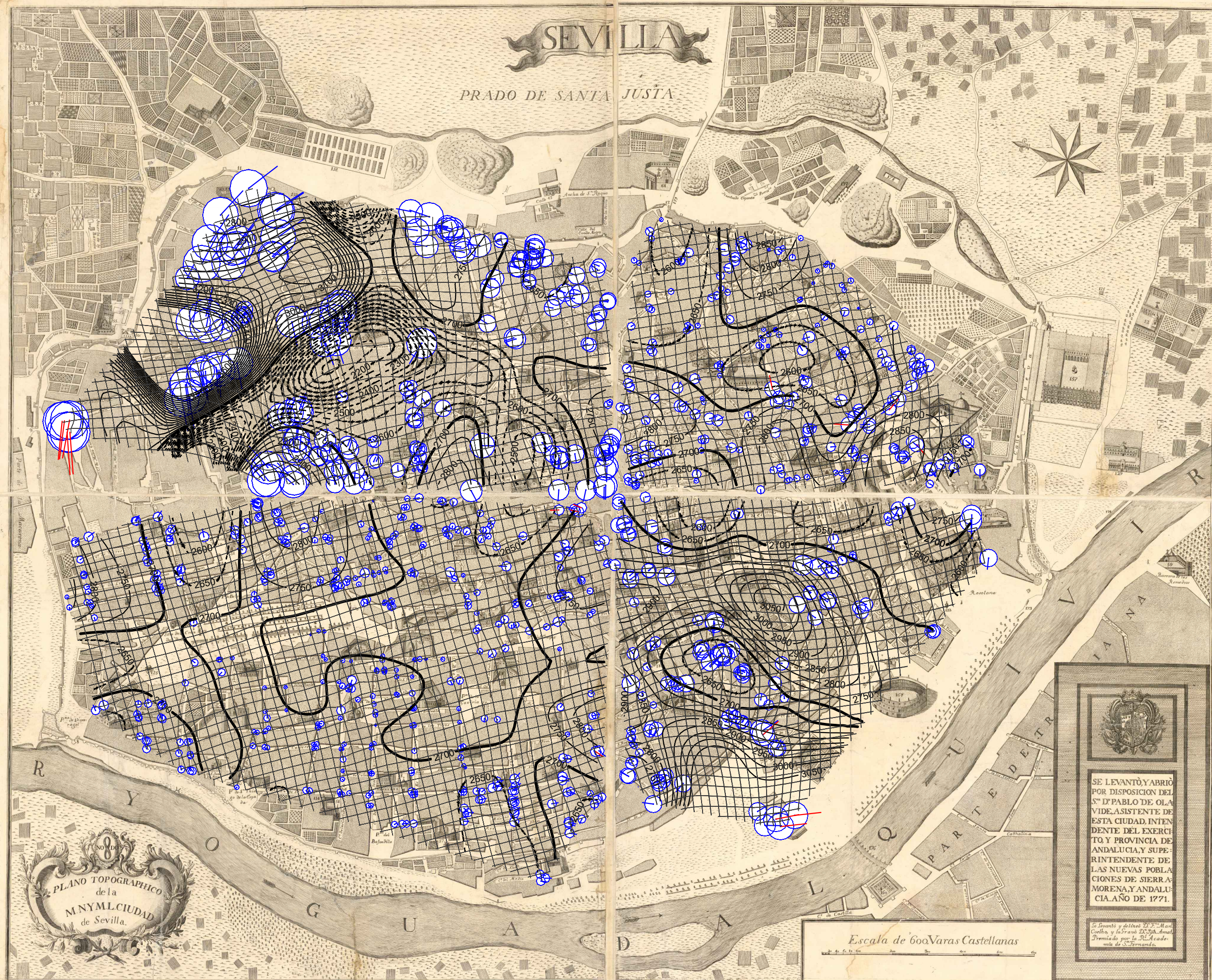
## COMUNIDADES.

44. San Basilio.
45. S. Pablo, Orden de Predicadores.
46. Santo Thomas, Colegio Mayor de dicha Orden.
47. Regina Angelorum, dicha Orden.
48. Monte-Sion, dicha Orden.
49. San Francisco.
50. San Buenaventura, Colegio Mayor, dicha Orden.
51. San Antonio, dicha Orden.
52. San Diego, dicha Orden.
53. El Valle, dicha Orden.
54. San Pedro de Alcántara, dicha Orden.
55. Los Capuchinos, dicha Orden.
56. Los Terceros, dicha Orden.
57. El Carmen.

58. San Alberto, Colegio de dicha Orden.
59. Los Remedios, Descalzas, dicha Orden.
60. El Santo Angel, dicha Orden.
61. San Agustín.
62. San Agustín, Colegio de dicha Orden.
63. El Pópulo, Descalzas, dicha Orden.
64. La Santísima Trinidad, Calzados.
65. Dicha, Descalzas.
66. Nuestra Señora de la Merced.
67. San Laureano, Colegio de dicha Orden.
68. San Joseph, Descalzas de dicha Orden.
69. Colegio de S. Francisco de Paula.
70. Casa Profesa de la Compañía de Jesus.
71. San Hermenegildo, Colegio de dicha Orden.
72. Noviciado de San Luis, dicha Orden.
73. Las Beas, dicha Orden.
74. Los Ingleses, dicha Orden.
75. Los Franciscos, dicha Orden.
76. Casa de Misericordia de Indias, dicha Orden.
77. Casa de Clérigos Regulares Menores.
78. Santiago de la Espada.
79. San Benito de Calatrava.
80. San Antonio Abad.
81. Oratorio de San Felipe Neri, Presbyteros.
82. San Juan de Dios.

## CONVENTOS DE MONJAS.

83. San Clemente el Real, Orden del Cister.
84. Las Dueñas, idem.
85. Madre de Dios, Dominicas.
86. Santa Maria de Pasion, idem.
87. Santa Maria de Gracia, idem.
88. Santa Maria la Real, idem.
89. Santa Maria de los Reyes, Descalzas, idem.
90. Santa Clara, Regla de dicha Santa.
91. Santa Inés, idem.
92. Santa Maria de Jesus, idem.
93. Beata Carmelitas Calzadas.
94. Señora Santa Ana, idem.
95. Santa Teresa, idem Descalzas.
96. San Leandro, Regla de San Agustín.
97. El Espíritu Santo, idem.
98. Santa Maria de la Paz, idem.
99. La Encarnación, idem.
100. El Dulce Nombre de Jesus, idem.
101. La Concepción, junto a San Juan, Franciscanas.
102. La Concepción, junto a San Miguel, idem.
103. Santa Maria del Socorro, idem.
104. Las Virgenes, idem.
105. La Alcañicia, Mercedarias Calzadas.
106. San Joseph, idem Descalzas.
107. Minimas de San Francisco de Paula.
108. Santa Isabel, Orden de San Juan de Jerusalem.
109. Santa Paula, Gerónimas.
110. Santa Rosalia, Capuchinas.



## BEATERIOS.

111. Beatas Dominicas.
112. Beatas Carmelitas.
113. Beatas Trinitarias.
114. Beatas Franciscanas.

## HERMITAS

### DONDE SE CELEBRA.

115. Hermita de San Joseph.
116. Dicha de San Andres.
117. Hermita de nuestra Señora del Mayor Dolor.
118. Hermita del Señor San Blas.
119. Hermita de San Hermenegildo.
120. Dicha de nuestra Señora de la Estrella.
121. Dicha de nuestra Señora de la Concepción.
122. Dicha de nuestra Señora del Rosario.
123. Dicha del Santísimo Christo de las Tres Necesidades.
124. Dicha de nuestra Señora de la Piedad.
125. Dicha de la Santísima Cruz del Rodero, nuestra Señora del Carmen.
126. Dicha de nuestra Señora de los Dolores, de los Terceros Siervos de Maria.

## COLEGIOS, Y SEMINARIOS.

127. Colegio Mayor, y Universidad de Santa Maria de Jesus.
128. Seminario de San Isidro.
129. Dicho Real de San Telmo.
130. Dicho de Ninos Hierfanzas.
131. Dicho de Ninos de la Doctrina.
132. Colegio Seminario de doce Ninos Nobles.

## HOSPITALES DE CURACION.

133. Hospital del Amor de Dios.
134. Dicho del Espíritu Santo.
135. Hospital de San Cosme, y San Damian.
136. Dicho del Buen Suceso.
137. Dicho de Terceros Franciscanos.
138. Hospital del Rey para invalidos.

## HOSPITALES DE CASAS

### DE MISERICORDIA.

139. Hospital de la Caridad.
140. Dicho de los Inocentes.
141. Dicho de los Venerables Sacerdotes.
142. Dicho de San Bernardo.
143. Dicho de Santa Marta.
144. Hospital de Santa Marta.
145. Casa de Ninos Expósitos.
146. Hospital de la Misericordia.

## EDIFICIOS,

### Y COSAS PARTICULARES.

147. La Santa Metropolitana y Patriarcal Iglesia.
148. Palacio Arzobispal.
149. Sala de Rentas del Ilustrísimo Cabildo.
150. Real Alcazar.
151. Casa de la Contratación.
152. Real Lonja.
153. Real Casa de la Moneda.
154. Real Alameda.
155. Almacén de Lanas.
156. La Maestranza Real de Artillería.
157. La Real Fábrica del Tabaco.
158. Fábrica Real del Salitre.
159. Real Almacén del Rey para la Madera de Segura.
160. La Santa Inquisición, y Castillo de Triana.
161. Casas Capitulares de la Ciudad.
162. La Real Audiencia.
163. La Casa Real.
164. Casa del Coloso.
165. Real Alameda, y Pósito del Monte de Piedad.
166. Casa de Pilatos hecha a imitación de la misma donde azotaron a nuestro Señor.
167. Pico de la Harina.
168. Plaza de los Toros.
169. La Alameda con sus Fuentes, y Arboledas.
170. Los Hércules de dicha Alameda.
171. Los Leones modernamente puestos.
172. La Torre del Oro.
173. Muelle de la Alameda.
174. Muelle para desembarcar materiales.
175. El Quemadero.
176. El Puente de Triana.
177. El Matadero.
178. El Rastro.
179. Condado por donde viene el agua a la Ciudad llamado los Caños de Carmona.
180. La Alcantarilla de las Madejas.
181. Dicha de San Bernardo.
182. Dicha del Ganado.
183. Alcantarilla nueva.

## PLAZAS, Y CALLES,

que por su pequeñez no se pudieron nombrar en el Plano.

184. Plaza de Rascacielos.
185. Plaza de Poniente.
186. Plaza de la Alameda.
187. Plaza de los Descalzos.
188. Plaza del Buen Suceso.
189. Plaza del Arzobispo.
190. Plaza de los Seguros.
191. Plaza de la Carnicería de los Alabes.
192. Plaza del Pazo Santo.
193. Plaza de San Pablo.
194. Plaza de la Misericordia.
195. Plaza de la Botica de las aguas.
196. Plaza de los Caballos.
197. Plaza de los Venerables.
198. Arquillo del Sacramento.
199. Plaza del Espíritu Santo.
200. Plaza del Señor San Joseph.
201. Plaza de San Esteban.
202. Plaza de San Nicolas.
203. Plaza de los Leones.
204. Pálpico de la Feria.
205. Cruz de la Carretería.
206. Plaza de San Antonio.
207. Callejon de San Buenaventura.
208. Calle del Alcazar.
209. Calle de los Caballos.
210. Plaza de la Carnicería del Real Alcazar.
211. Plaza de Santiago.

Fig. 59 Malla de distorsión, vectores, isolíneas de escala y círculos de error.



# EXPLICACION DE ESTE MAPA.

## PUERTAS DE LA CIUDAD.

1. Puerta de Xerez.
2. Puerta del Carbon.
3. Puerta del Arco.
4. Puerta del Arsenal.
5. Puerta de Triana.
6. Puerta Real.
7. Puerta de San Juan.
8. Puerta de la Barqueta.
9. Puerta de la Macarena.
10. Puerta de Córdoba.
11. Puerta del Sol.
12. Puerta del Ostrio.
13. Puerta de Carmona.
14. Puerta de la Curia.
15. Puerta Nueva.

## PARROQUIAS.

16. El Sagrario de la Santa Iglesia.
17. La Colegiata de San Salvador.
18. Santa María Magdalena.
19. San Lázaro.
20. San Pedro.
21. San Bartolomé.
22. San Lorenzo.
23. San Remo.
24. Santiago el Viejo.
25. San Andrés.
26. San Nicolás.
27. Santa Marina.
28. San Marcos.
29. San Miguel.
30. San Esteban.
31. Oñum Sanclorum.
32. Santa Catalina.
33. San Juan de la Palma.
34. San Martín.
35. San Julián.
36. San Gil.
37. San Ildefonso.
38. San Vicente.
39. Santa Lucía.
40. San Juan de Acre de la Comendación de San Juan, y está exenta con todo su distrito de la jurisdicción Arzobispal.

## AYUDAS DE PARROQUIAS.

41. Santa Cruz.
42. Santa María la Blanca.
43. San Roque.

## COMUNIDADES.

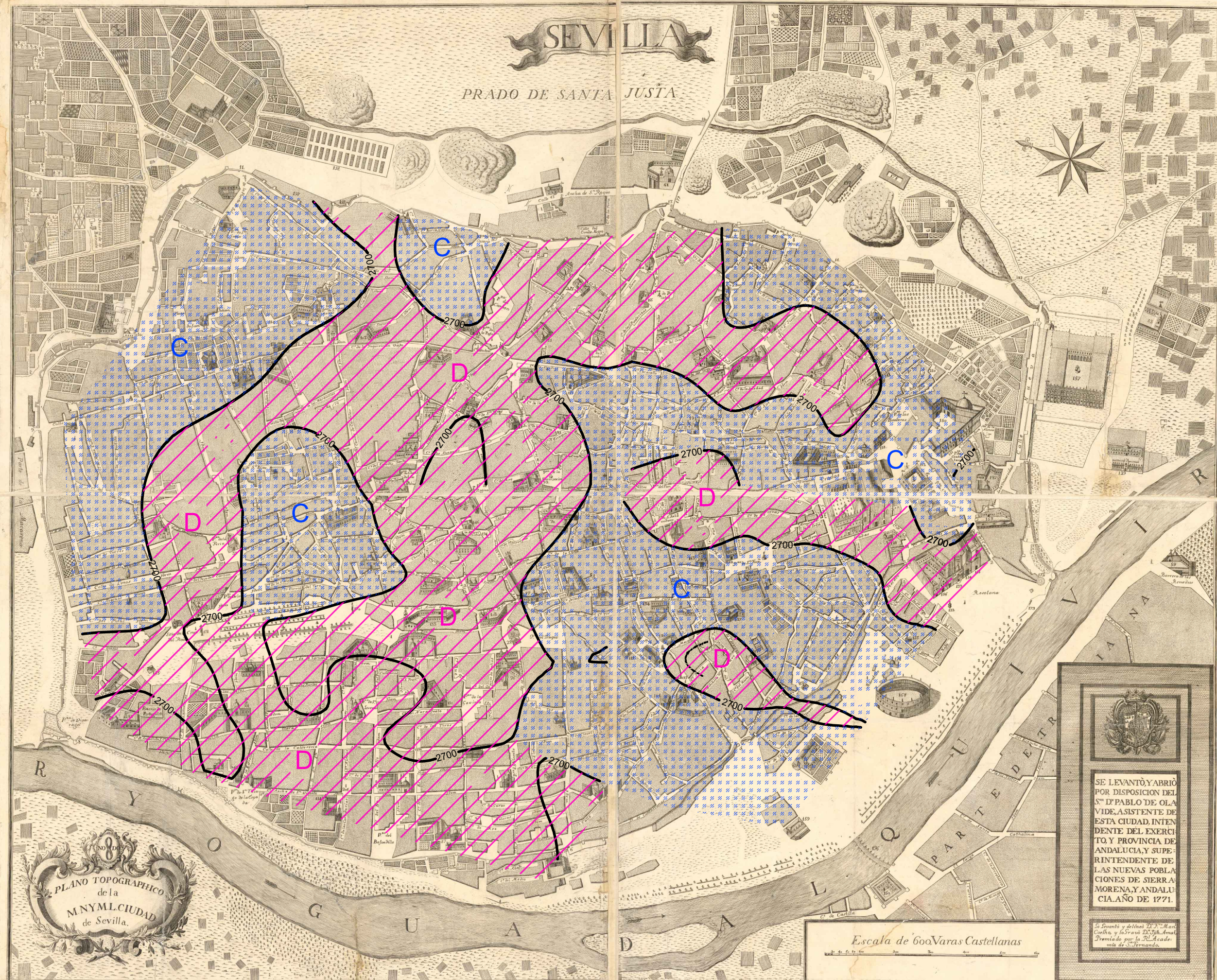
44. San Basilio.
45. S. Pablo, Orden de Predicadores.
46. Santo Thomas, Colegio Mayor de dicha Orden.
47. Regina Angelorum, dicha Orden.
48. Monte-Sion, dicha Orden.
49. San Francisco.
50. San Bernardino, Colegio Mayor, dicha Orden.
51. San Antonio, dicha Orden.
52. San Diego, dicha Orden.
53. El Valle, dicha Orden.
54. San Pedro de Alcántara, dicha Orden.
55. Los Capuchinos, dicha Orden.
56. Los Terceros, dicha Orden.
57. El Carmen.

## CONVENTOS DE MONJAS.

58. San Alberto, Colegio de dicha Orden.
59. Los Remedios, Descalzas, dicha Orden.
60. El Santo Angel, dicha Orden.
61. San Agustín.
62. San Jacinto, Colegio de dicha Orden.
63. El Pópulo, Descalzas, dicha Orden.
64. La Santísima Trinidad, Calzados.
65. Dicha, Descalzas.
66. Nuestra Señora de la Merced.
67. San Laureano, Colegio de dicha Orden.
68. San Joseph, Descalzas de dicha Orden.
69. Colegio de S. Francisco de Paula.
70. Casa Proficia de la Compañía de Jesús.
71. San Hermenegildo, Colegio de dicha Orden.
72. Noviciado de San Luis, dicha Orden.
73. Las Beatas, dicha Orden.
74. Las Agustinas, dicha Orden.
75. Los Irlandeses, dicha Orden.
76. Casa de Misioneros de Indias, dicha Orden.
77. Casa de Clérigos Regulares Menores.
78. Santiago de la Espada.
79. San Benito de Calatrava.
80. San Antonio Abad.
81. Oratorio de San Felipe Neri, Presbiteros.
82. San Juan de Dios.

## CONVENTOS DE MONJAS.

83. San Clemente el Real, Orden del Cister.
84. Las Dueñas, idem.
85. Madre de Dios, Dominicas.
86. Santa María de Pasion, idem.
87. Santa María de Gracia, idem.
88. Santa María la Real, idem.
89. Santa María de los Reyes, Descalzas, idem.
90. Santa Clara, Regla de dicha Santa.
91. Santa Inés, idem.
92. Santa María de Jesús, idem.
93. Beatas Carmelitas Calzadas.
94. Señora Santa Ana, idem.
95. Santa Teresa, idem Descalzas.
96. San Leandro, Regla de San Agustín.
97. El Espíritu Santo, idem.
98. Santa María de la Paz, idem.
99. La Encarnación, idem.
100. El Dulce Nombre de Jesús, idem.
101. La Concepción, junto a San Juan, Franciscanas.
102. La Concepción, junto a San Miguel, idem.
103. Santa María del Socorro, idem.
104. Las Virgenes, idem.
105. La Asunción, Mercedarias Calzadas.
106. San Joseph, idem Descalzas.
107. Minimas de San Francisco de Paula.
108. Santa Isabel, Orden de San Juan de Jerusalén.
109. Santa Paula, Gerónimas.
110. Santa Rosalia, Capuchinas.



- BEATERIOS.**
111. Beatas Dominicas.
  112. Beatas Carmelitas.
  113. Beatas Trinitarias.
  114. Beatas Franciscanas.
- HERMITAS**  
DONDE SE CUELLERA.
115. Hermita de San Joseph.
  116. Dicha de San Andrés.
  117. Hermita de nuestra Señora del Mayor Dolor.
  118. Hermita del Señor San Blas.
  119. Hermita de San Hermenegildo.
  120. Dicha de nuestra Señora de la Estrella.
  121. Dicha de nuestra Señora de la Concepción.
  122. Dicha de nuestra Señora del Rosario.
  123. Dicha del Santísimo Christo de las Tres Necesidades.
  124. Dicha de nuestra Señora de la Piedad.
  125. Dicha de la Santísima Cruz del Rodeo, nuestra Señora del Carmine.
  126. Dicha de nuestra Señora de los Dolores, de los Terceros Siervos de María.
- COLEGIOS, Y SEMINARIOS.**
127. Colegio Mayor, y Universidad de Santa María de Jesús.
  128. Seminario de San Lázaro.
  129. Dicho Real de San Telmo.
  130. Dicho de Niños de la Infancia.
  131. Dicho de Niños de la Diferencia.
  132. Colegio Seminario de doce Niños Nobles.
- HOSPITALES DE CURACION.**
133. Hospital del Amor de Dios.
  134. Dicho del Espíritu Santo.
  135. Hospital de San Cosme, y San Damian.
  136. Dicho de Buen-Suceso.
  137. Dicho de Terceros Franciscanos.
  138. Hospital del Rey para inválidos.
- HOSPITALES DE CASAS DE MISERICORDIA.**
139. Hospital de la Caridad.
  140. Dicho de los Inocentes.
  141. Dicho de los Venerables Sacerdotes.
  142. Dicho de San Bernardo.
  143. Dicho de Santa María.
  144. Hospital de Santa María.
  145. Casa de Niños Expósitos.
  146. Hospital de la Misericordia.
- EDIFICIOS, Y COSAS PARTICULARES.**
147. La Santa Metropolitana y Patriarcal Iglesia.
  148. Palacio Arzobispal.
  149. Sala de Rentas del Ilustrísimo Cabildo.
  150. Real Alcazar.
  151. Casa de la Contratación.
  152. Real Casa de la Moneda.
  153. Real Casa de la Moneda.
  154. Real Alcazar.
  155. Almacén de Lanas.
  156. La Maestranza Real de Artillería.
  157. La Real Fábrica del Tabaco.
  158. Fábrica Real del Salitre.
  159. Real Almacén del Rey para la Aludera de Segura.
  160. La Santa Inquisición, y Castillo de Triana.
  161. Casas Capitulares de la Ciudad.
  162. La Real Audiencia.
  163. La Corral Real.
  164. Casa del Coloso.
  165. Real Alameda, y Pósito del Monte de Piedad.
  166. Casa de Pilatos hecha a imitación de la misma donde azotaron a nuestro Señor.
  167. Pazo de la Harina.
  168. Plaza de las Torres.
  169. La Alameda con sus Fuentes, y Arboledas.
  170. Los Hércules de dicha Alameda.
  171. Los Leones modernamente puestos.
  172. La Torre del Oro.
  173. Muelle de la Alcazar.
  174. Muelle para desembarcar materiales.
  175. El Quemadero.
  176. El Puente de Triana.
  177. El Matadero.
  178. El Rastro.
  179. Conchito por donde viene el agua a la Ciudad llamado los Caños de Carmona.
  180. La Alcantarilla de las Madejas.
  181. Dicha de San Bernardo.
  182. Dicha del Ganado.
  183. Alcantarilla nueva.
- PLAZAS, Y CALLES,**  
que por su pequeñez no se pudieron nominar en el Plano.
184. Plaza de Rascacielos.
  185. Plaza de San Pedro.
  186. Plaza de la Alameda.
  187. Plaza de los Descalzos.
  188. Plaza del Buen-Suceso.
  189. Plaza de los Caballos.
  190. Plaza de los Seguros.
  191. Plaza de la Carnicería de los Abades.
  192. Plaza del Pozo Santo.
  193. Plaza de San Pablo.
  194. Plaza de la Misericordia.
  195. Plaza de la Botica de las aguas.
  196. Plaza de los Caballos.
  197. Plaza de los Venerables.
  198. Arquillo del Sacramento.
  199. Plaza del Espíritu Santo.
  200. Plaza del Señor San Joseph.
  201. Plaza de San Esteban.
  202. Plaza de San Nicolás.
  203. Plaza de los Leones.
  204. Pálpulo de la Feria.
  205. Cruz de la Correría.
  206. Plaza de San Antonio.
  207. Callejon de San Buenaventura.
  208. Calle del Alcazar.
  209. Calle de los Caballos.
  210. Plaza de la Carnicería del Real Alcazar.
  211. Plaza de Santiago.

Fig. 60 Zonas delimitadas de compresión y dilatación